

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Evaluación de la Mortalidad de *Pinus greggii*, Engelm. en las
Plantaciones del C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila

Por:

GENARO CHÁVEZ GAMBOA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

EVALUACIÓN DE LA MORTALIDAD DE *Pinus greggii*, Engelm. EN LAS PLANTACIONES DEL C.A.E.S.A., ARTEAGA, COAHUILA.

Por:

Genaro Chávez Gamboa

TESIS PROFESIONAL

Que se somete a consideración del H. Comité de Tesis como requisito parcial

para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Asesor principal

M.C. Jorge David Flores Flores

Sinodal

M.C. José Armando Nájera Castro

Sinodal

Ing. Sergio Braham Sabag

Sinodal

M.C. Abiel Sánchez Arizpe

Coordinador de la División de Agronomía

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo



Coordinación
División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

AGRADECIMIENTOS

Resulta muy difícil poder expresar con palabras todo el agradecimiento que siento por tantas personas que han creído o creen en lo que hago. Quiero que sepan que por mucho o poco que hayan hecho, siempre estarán presentes en mi recuerdo. Quiero agradecer a:

A Dios todopoderoso.

En primera instancia agradecer al dios todopoderoso que me ha conservado con vida, me ha dado inteligencia, me ha guiado y cuidado hasta hoy.

Al M.C. Jorge David Flores Flores.

Por compartir conmigo a lo largo de estos cuatro años y medio parte de su experiencia profesional, pero sobretodo por ser el asesor principal de este trabajo y por tenerme confianza y paciencia para que yo formara parte de esta investigación.

Al M.C. J. Armando Nájera Castro.

Por formar parte de mi comité revisor de tesis, y por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera.

Al Ing. Sergio Braham Sabag.

Por esa disponibilidad que tuvo para formar parte de mi comité revisor de tesis, pero sobre todo por ser para mí un amigo que me apoyó en momentos que más lo necesité.

Al M.C. Abiel Sánchez Arizpe.

Por formar parte de mi comité revisor de tesis, por su apoyo para que este trabajo fuera un éxito.

A los docentes del Departamento Forestal y de otros Departamentos que de una u otra manera contribuyeron a mi formación profesional.

Gracias a Ustedes queridos maestros, por que cual velita encendida se fueron consumiendo a si mismos para darnos su luz de su conocimiento, gracias por esa paciencia, por su simpatía y su comprensión, y recuerden que lo que ustedes han sembrado durante estos años, pronto darán sus más exquisitos frutos.

A mis amigos íntimos.

Ellos saben quiénes son. Por sus preciados consejos y gratos momentos. Por su gran apoyo.

DEDICATORIA

A mis Padres.

Ángel Chávez Yañez y Antonia Gamboa Lazos.

Por ese apoyo y comprensión que siempre me han brindado y por el legado que han dejado en mí, por enseñarme a valorar las cosas de la vida, por caminar a mi lado y sobretodo por creer en mí.

A mis hermanos.

Ángel Gerardo, Azucena y José Antonio.

Por ese cariño y apoyo que me han brindado, por esos momentos que hemos compartido juntos desde la niñez.

A la Profra. M^a Del Socorro Puga Tovar y familia.

Por esa amistad y apoyo brindado, pero sobretodo por esa confianza depositada, además por ser para mí como una familia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.3 Objetivos	3
1.4 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Antecedentes de las plantaciones en el C.A.E.S.A.....	4
2.2 Causas comunes de muerte de árboles.....	5
2.3 Efectos de la variación climática sobre la mortalidad en los bosques.....	8
2.4 Agentes abióticos causantes de estrés y muerte a los árboles.....	9
2.5 Principales patógenos que ocasionan marchitamiento en coníferas.....	12
2.5.1 Descripción de <i>Fusarium oxysporum</i>	13
2.5.2 Descripción de <i>Phytophthora sp.</i>	15
2.6 Descripción de la especie <i>Pinus gregii</i> Engelm.....	16
2.7 Métodos para monitoreo y cuantificación del daño en árboles.....	19
III. MATERIALES Y METODOS	20
3.1 Descripción del área	20
3.2 Procedimiento de estudio.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 Evaluación de la mortalidad y grado de infección	25
4.2 Avance de la mortalidad de Junio de 2008 a Noviembre de 2009	32
4.3 Diámetros de fuste y grados de infección y mortalidad.....	35
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
VI. LITERATURA CITADA	45
APENDICE.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Mortalidad y grado de infección del arbolado de <i>Pinus greggii</i> en la plantación “A” y “B”, del C.A.E.S.A., Los Lirios, Arteaga, Coahuila en la lectura del 20 de Junio de 2008.....	25
Cuadro 2. Mortalidad y grado de infección del arbolado de <i>Pinus greggii</i> en la plantación “A”,y “B” del C.A.E.S.A., Los Lirios Arteaga, Coahuila en la lectura de Noviembre de 2009.....	29
Cuadro 3. Mortalidad e infección en la plantación “A” durante el 2008 y 2009.....	33
Cuadro 4: Mortalidad e infección en la plantación “B” durante el 2008 y 2009.....	34
Cuadro 5. Árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica en la plantación “A” al 2009.....	35
Cuadro 6. Árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica en la plantación “B” al 2009.....	37
Cuadro 7. Comportamiento de la precipitación y temperaturas de los últimos cinco años en la región la Sierra de Arteaga, Coah.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de las 20 localidades de <i>P. greggii</i>	18
Figura 2. Plantaciones “A” y “B” del C.A.E.S.A., Los lirios, Arteaga, Coahuila, donde se realizó la evaluación de la mortandad.....	20
Figura 3. Diferentes grados de infección evaluados en los árboles.....	23
Figura 4: Conteo de árboles en Noviembre de 2009.....	23
Figura 5. Distribución espacial de la mortalidad y grados de infección del arbolado en la plantación “A”, en la lectura de Junio de 2008.....	26
Figura 6. Mortalidad y grados de infección de las plantaciones “A” y “B” para la fecha de Junio de 2008.....	27
Figura 7. Distribución espacial de la mortalidad y grados de infección del arbolado en la plantación “B”, en la lectura de Junio de 2008.....	28
Figura 8. Distribución espacial de la mortalidad y grados de infección del arbolado en la plantación “A”, en la lectura de Noviembre de 2009.....	30
Figura 9. Mortalidad y grados de infección de las plantaciones “A” y “B”, a la fecha de Noviembre de 2009.....	31
Figura 10. Distribución espacial de la mortalidad y grados de infección del arbolado en la plantación “B”, en la lectura de Noviembre de 2009.....	32
Figura 11. Mortalidad e infección de la plantación “A”, en la lectura de Junio de 2008 y Noviembre de 2009.....	33
Figura 12. Mortalidad e infección de la plantación “B”, en la lectura de Junio de 2008 y Noviembre de 2009.....	34
Figura 13. Árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica en la plantación “A”, a la fecha de Noviembre de 2009.....	36
Figura 14. Árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica, en la plantación “B”, a la fecha de Noviembre de 2009.....	37
Figura 15. Promedio de temperaturas máximas anuales registradas en la estación meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coah.....	42
Figura 16. Precipitación total anual registrada en la estación meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coah.....	43
Figura 17. Temperaturas máximas mensuales registradas en la estación meteorológica de San Antonio de Las Alazanas.....	43

RESUMEN

En el Campo Agrícola Experimental de la sierra de Arteaga (C.A.E.S.A.), propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, de Saltillo Coahuila, desde 1992 se han venido estableciendo una serie de plantaciones forestales con fines de investigación científica y con proyección a cumplir objetivos de servicios ambientales. Lamentablemente en Junio de 2008 se presentó un problema de salud que ocasionó la muerte a un gran número de árboles de las plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. en particular. Ante tal situación se planteó el presente estudio que tuvo como objetivos, determinar las causas que ocasionaron dicha mortandad y evaluar la cantidad de árboles muertos. Para tal efecto se hizo una cuantificación en forma de censo, evaluando la condición de salud árbol por árbol en dos plantaciones que fueron identificadas como plantación "A" y plantación "B", para lo cual se establecieron cinco categorías de daños: árboles sanos, árboles con síntomas en grado 1, grado 2, grado 3 y los árboles muertos. La cuantificación se hizo en forma ordenada hilera por hilera en cada una de las plantaciones realizando dos evaluaciones, una el 20 de Junio de 2008 y otra en Noviembre de 2009. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que las causas de mortalidad fueron la invasión de hongos *Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme* y *Phytophthora sp.* por haber sido las esporas que se registraron en los análisis parasitológicos. Además, se establece la teoría de que también pudo haber sido un problema de carácter climático debido a la severa sequía presentada durante los años de 2005 al 2009 y a las altas temperaturas registradas en estos años que son poco habituales para esa región.

Palabras claves: Evaluación, mortalidad, *Pinus greggii*, CAESA, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora sp.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del estudio

Los bosques naturales e inducidos de cualquier parte del mundo siempre estarán expuestos al impacto negativo de factores bióticos y abióticos que frenan su desarrollo potencial y en muchos casos ocasionan su muerte. Algunas causas de mortandad de arbolado pueden parecer obvias, como la fuerza del viento o incendios incontrolados, pero otras causas son ambiguas y complejas, como la mortandad ocasionada por patógenos, plagas, factores físicos, problemas nutricionales o falta de manejo (Muñoz *et al.*, 2003).

En los últimos años se ha registrado en muchas partes del mundo y en México en particular, la mortandad de grandes áreas arboladas atribuyéndosele en forma general al impacto del cambio climático, a la declinación forestal y a la actividad virulenta de agentes patogénicos oportunistas y al incremento poblacional de plagas como los insectos descortezadores, insectos barrenadores e insectos defoliadores (Salinas, 2009; Cibrián *et al.*, 2007).

En el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (C.A.E.S.A.) perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, desde 1992 se establecieron seis plantaciones con diversos objetivos entre los que destacan la aclimatación de diversas especies, la selección de procedencias para la producción de árboles de navidad y de reforestación, así como la comparación de progenies de árboles maternos de *Pinus greggii* Engelm., para la producción de semilla mejorada.

Este centro de experimentación es de suma importancia para la Universidad, principalmente para los alumnos y docentes investigadores del Departamento Forestal, ya que es objeto de investigación y prácticas de campo,

de donde se han realizado diversas investigaciones de carácter básico y aplicadas.

Sin embargo, si consideramos la opinión de Petteri *et al.*, (1999), la importancia de estas plantaciones van mas allá del campus universitario, pues señalan que el manejo de plantaciones forestales comerciales es una nueva actividad en México y por lo tanto todos los ensayos de especies y procedencias que sean realizadas en cualquier parte del país son de suma importancia debido a la escasez de trabajos científicos que se realizan en esta línea de investigación y a los beneficios generados por los servicios ambientales que estas proporcionan. Es por esto que las plantaciones forestales deben ser estrictamente sometidas a programas de manejo y protección.

1.2 Planteamiento del problema

En el mes de mayo de 2008 se presentó un problema de salud aún no plenamente identificado, que afectó en gran medida la salud del arbolado en toda la región de la sierra de Arteaga, incluyendo la plantación del CAESA, causando la muerte de una gran cantidad de árboles y dejando considerables daños a los árboles que quedaron en pie.

Ante la preocupación por la pérdida de arbolado mencionado anteriormente y con la intención de indagar las posibles causas de mortalidad y hacer una evaluación mas precisa del evento presentado, así como su condición actual, se plantea el presente proyecto con los objetivos siguientes:

1.3 Objetivos

1. Cuantificar el porcentaje de árboles muertos *de P. greggii* en las plantaciones del C.A.E.S.A.
2. Evaluar la evolución del problema de mayo de 2008 a diciembre de 2009 en los árboles que quedaron en pie.
3. Determinar la causa que originó la muerte del arbolado.

1.4 Hipótesis

HO: La muerte de *Pinus greggii* en las plantaciones del C.A.E.S.A. se debió al ataque de un factor biótico.

HA: La muerte de *Pinus greggii* en las plantaciones del C.A.E.S.A. fue a consecuencia del impacto nocivo de factores abióticos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de las plantaciones en el C.A.E.S.A.

En el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (C.A.E.S.A.) se han establecido seis plantaciones; algunos de los objetivos son la aclimatación de diversas especies, la selección de procedencias para la producción de árboles de navidad y de reforestación, así como la comparación de progenies de árboles maternos de *Pinus greggii* Engelm. para la producción de semilla mejorada.

La plantación de ensayo de tres procedencias se realizó los días 19 y 20 de junio del año 1992. La distribución de la plantas se hizo en tres bolillo con un espaciamiento de 1.8 m. usando cepa común para la plantación; la planta procedía de tres zonas distintas, la cual presentaba diferente altura y edad, la de Jamé fue de 37 meses y las de Los lirios y Cuauhtemoc tenían 20 meses (Ornelas *et al.*, 2001).

Como obras post-plantación, se realizó una reposición de planta muerta, siendo esta en los días 5 y 6 de agosto del mismo año, fue necesario también suministrar dos riegos auxiliares, esto debido a que las lluvias no se estabilizaron (Contreras, 2005).

La otra plantación se realizó en los días 8 y 9 de Mayo de 1992, con el objetivo de estudiar la progenie de 22 árboles maternos de diferentes familias, procedentes del ejido Los Lirios, Arteaga, coah., más el testigo cuyo origen geográfico es La Colorada, Arteaga, Coah. La distribución de la plantas se hizo en tres bolillo con un espaciamiento de 1.8 m. usando cepa común para la plantación (Vela, 2002).

2.2 Causas comunes de muerte de árboles

Las causas de mortandad del arbolado son muy diversas y complejas, pero las podemos clasificar en tres categorías, las de carácter biótico, las de carácter físico y las de origen técnico. Las primeras implican en ocasiones el ataque de agentes biológicos de tipo permanente que son bien conocidos y se facilita su control; otros suelen ser agentes ocasionales los que inciden en forma cíclica cada determinado tiempo, más no en forma permanente y que deben su presencia a fenómenos meteorológicos extremos. En estos casos su control se dificulta por el desconocimiento de la plaga; y finalmente los agentes potenciales que prácticamente son organismos desconocidos para la región y que se presentan en forma espontánea a causa de algún disturbio ecológico como la contaminación ambiental, la deforestación o el cambio microclimático.

La muerte del arbolado por el impacto nocivo de factores físicos es mas notoria, tal es el caso de incendios, sequías, viento huracanado y heladas, entre otros.

El tercer factor de mortalidad de árboles es sin lugar a dudas la falta del manejo técnico de las áreas arboladas ya que esto implica darles espacio, luz y buena nutrición para su fortalecimiento y mejor salud (Alvarado *et al.*, 2009).

A continuación se mencionan algunos trabajos relacionados a las causas de mortalidad de los árboles forestales. Cibrián *et al.*, (2007), señalan que en México se ha observado que la precipitación de la última década ha sido errática y con tendencia a la baja trayendo como consecuencia el debilitamiento y muerte de los árboles. Existen varios ejemplos que ilustran la importancia de la falta de agua; uno de los casos más recientes es la sequía de 1998 que mató gran cantidad de árboles en la parte central de México. Otro caso es la muerte de árboles de mezquite (*Prosopis* sp.) y huizache (*Acacia shaffneri*) en la parte norte de Nuevo León y Tamaulipas en el año de 2001; finalmente está la sequía que afectó

durante el 2002 y 2003 a miles de hectáreas de *Pinus quadrifolia* y *Pinus jeffreyi* en la Sierra de Baja California.

O' Brien *et al.*, (1997), en relación al declinamiento forestal, señalan que en los últimos 50 años, se han presentado diversos casos de declinamiento y muerte de arbolado, en áreas forestales más o menos grandes en los Estados Unidos de América, y actualmente se tienen reportes de declinamiento en otros países del mundo. Agregan los autores que muchas veces los síntomas son difíciles de relacionar con alguna causa específica. Generalmente el declinamiento es iniciado por factores abióticos de predisposición, como puede ser un cambio drástico en el clima, o cambios en los suelos forestales que por algún motivo fueron impactados en tiempos pasados. Los factores de predisposición afectan la salud de los árboles y su capacidad de resistir en pie.

Si estos árboles afectados son expuestos a un segundo grupo de factores (factores de incitación), como una sequía corta, defoliación, o contaminación de aire, su vigor disminuye notablemente y sus reservas nutricionales no serán suficientes para mantener su salud. Estos árboles por la condición de salud que presentan, están muy receptivos a un tercer grupo de factores (factores de contribución), que incluye factores bióticos y abióticos que pueden dañar a los árboles débiles con facilidad y causarles la muerte. En este grupo, además de los factores ambientales y abióticos, se presentan factores bióticos, insectos y hongos.

En consecuencia muchas veces los factores de contribución son bien visibles y confunden la identificación de la causa primaria del declinamiento. Por esto los declinamientos son generalmente muy difíciles de diagnosticar.

En México se han detectado diversas áreas con muerte de arbolado, donde se identifica a un proceso de declinamiento como son la muerte de *Abies sp.* en el parque nacional y recreativo "Desierto de los Leones", muerte del encino en los

estados de Aguascalientes y Colima, y la muerte de arbolado en la plantación de Zapalinamé en Coahuila.

Chao *et al.*, (2005), enuncia que un árbol puede “morir en pie” como resultado de la senescencia intrínseca (árboles sobremaduros), mientras que otros pudieran morir por agentes bióticos extrínsecos como la competencia y exceso de sombra, Otros pueden perecer por ataque de plagas o por perturbaciones fisiológicas abióticas extrínsecas como rayos, sequía e inundaciones.

Londoño, (1999), dice que alrededor de un tercio de las tierras del mundo son en la actualidad demasiado secas para el crecimiento de los árboles. Muchas zonas arboladas y terrenos boscosos están localizados en zonas climáticas marginales en las que la productividad neta de la vegetación primaria está muy limitada por el agua.

Los bosques de las regiones semiáridas suelen registrar disminuciones marcadas del crecimiento y un aumento de la mortalidad; así también sucede con las especies de árboles que crecen en las márgenes más secas de su área de distribución (Jump *et al.*, 2006).

Agostini *et al.*, (2002), estudiaron las causas posibles de la mortalidad de árboles de kiri, en Argentina, estableciendo la hipótesis de que era un organismo del suelo como causal de la muerte de estos árboles, y se demostró que los árboles que manifiestan síntomas se encuentran distribuidos en el lote en forma agregada. Esta forma de distribución, también afirma la hipótesis de que un organismo del suelo puede ser la causa de la mortandad de árboles. Los organismos del suelo generalmente son de escasa dispersión en el lote cuando la roturación de suelo no es realizada para el control de malezas en el cultivo, y su única forma de propagarse es mediante el escurrimiento de agua, o el contacto a través de raíces afectadas, o de las herramientas para labores culturales. Esta

forma de dispersión hace que la misma sea muy lenta y que por lo tanto los árboles afectados se encuentren agrupados en focos, principalmente en los lugares más bajos del lote y en aquellas plantaciones con índices de infección muy bajos.

La falta de manejo en los bosques y principalmente en las plantaciones forestales, es sin duda alguna la causa que da origen a plagas, enfermedades, desnutrición, malformaciones y la muerte del arbolado (Torres y Magaña, 2001).

2.3 Efectos de la variación climática sobre la mortalidad en los bosques

El clima de la tierra está siendo afectado por importantes cambios de origen humano, las temperaturas mundiales medias sobrepasan en la actualidad los máximos históricos de los últimos 1300 años. En muchas regiones se pronostican cambios aún más pronunciados en los patrones climáticos durante las próximas décadas. Temperaturas más elevadas y pautas de precipitación alteradas que harán variar la disponibilidad de agua para los vegetales (IPCC, 2007).

De acuerdo con información emanada por la SEMARNAT/CONAFOR/INE MÉXICO (2007), se observa que los bosques constituyen uno de los factores clave en la mitigación del cambio climático. Sin embargo, también pueden ser afectados al producirse aumentos en temperatura, cambios en el ciclo hidrológico y en la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos, producto de su vulnerabilidad. Tal situación ha quedado de manifiesto bajo condiciones de clima extremo, como las experimentadas durante el evento El Niño entre 1997 y 1998, que llevaron a condiciones de sequía en México y un número récord de incendios forestales. En este informe se asegura que el cambio climático llevará a condiciones de mayor temperatura y déficit de humedad en el suelo, que constituyen, como en 1998, una seria amenaza para el sector forestal.

Lorente *et al.*, (2004), en un estudio sobre los efectos biológicos del cambio climático, señala que en los bosques boreales y templados el aumento de temperatura podría ampliar los rangos temporales de crecimiento y reproducción, favoreciendo su expansión hacia los polos, pero incrementando a su vez la frecuencia de fuegos y brotes de plagas.

El clima afecta también directamente a la dinámica de las poblaciones de insectos forestales y patógenos fúngicos. Por consiguiente, algunos brotes masivos de insectos que matan árboles son atribuibles al cambio climático (Hicke *et al.*, 2006, citado por Allen, 2009).

2.4 Agentes abióticos causantes de estrés y muerte a los árboles

Temperaturas altas

Importancia: la temperatura tiene un fuerte impacto en la distribución y crecimiento de las plantas leñosas; cuando ésta es excepcionalmente alta puede causar daño, los procesos fisiológicos que se ven alterados son: la fotosíntesis, la actividad enzimática, la absorción de minerales así como la división y elongación celular. Se ha reportado que en árboles que se encuentran en etapas posteriores al de plántula, el efecto de las temperaturas altas es por lo general más dañino cuando actúa en combinación con otros factores que cuando actúa por sí sola. Por ejemplo, el daño por temperaturas altas se acentúa cuando es acompañado de la sequía (Miling, 1978).

Diagnóstico: los síntomas y daños ocasionados por temperaturas altas son variados, lo más frecuente es la desecación o quemado del follaje y brotes, presentándose principalmente en áreas donde predominan los vientos fuertes, secos y calientes, los daños son más severos en la parte del árbol que está expuesta a los vientos; otro de los síntomas es la defoliación, viéndose afectadas

las primeras hojas que se encuentran en la parte interna de la copa; la quemadura del fuste es otro síntoma muy notable, se presenta una muerte localizada en la corteza y cambium, esto como consecuencia de un sobrecalentamiento de los tejidos, el cuál se debe a la exposición repentina al sol o porque el sitio de plantación no es apropiado debido a la presencia de altas temperaturas. Este síntoma es común en ciertos árboles jóvenes que tienen la corteza delgada y suave.

Mecanismo de daño: éste es de naturaleza bioquímica, las temperaturas altas actúan inactivando ciertas enzimas y acelerando la actividad de otras hasta el extremo de ocasionar la muerte de las células; otro de los efectos es la coagulación y desnaturalización de proteínas, ruptura de las membranas citoplasmáticas y posiblemente la entrada de compuestos tóxicos en las células. Las temperaturas altas también ocasionan un incremento en la tasa de respiración en tanto que la fotosíntesis tiende a declinar (Cibrián *etal.*, 2007).

Falta de agua

Importancia: el agua proporciona fuerza mecánica, a través de la turgencia de las células, participa en reacciones metabólicas y tiene un papel preponderante en la distribución de materiales disueltos en la corriente de transpiración.

Diagnóstico: son variados los síntomas que se presentan por falta de agua, siendo uno de ellos la decoloración y distorsión de las hojas, de lo cual tenemos que en condiciones experimentales las coníferas parecen morir de la parte inferior hacia arriba y las acículas se tornan de color café rojizo comenzando por las más jóvenes.

Otro de los síntomas es el marchitamiento y daño al cambium, esto como consecuencia de la pérdida de turgencia, un primer síntoma es el enrollamiento y caída de las hojas. En general, los árboles jóvenes son afectados con más

severidad que los viejos, los cuales tienen sus raíces a mayor profundidad en el suelo; los árboles que crecen en suelos delgados son más propensos a sufrir este daño que los que crecen en suelos profundos.

Mecanismo de daño: Los efectos de la falta de agua son más bien un sobrecalentamiento y deshidratación que alteran el metabolismo y estructura del protoplasma. Otra de las consecuencias de la deshidratación es el incremento en la viscosidad del protoplasma y su interferencia con el proceso de fosforilación. Éste último fenómeno reduce de manera considerable la capacidad de la planta para transformar y acumular energía (Miling, 1978).

Viento

Importancia: produce una rápida desecación sobre las superficies húmedas de la planta, asimismo, la mayoría de las enfermedades de las plantas que se diseminan con rapidez y que pueden alcanzar proporciones epifíticas son ocasionadas por patógenos (entre ellos: hongos, bacterias y virus) que son diseminados directamente por el viento (Agrios, 2005).

Luz

Miling (1978), señala que el grado de afectación de varias enfermedades virosas y fungosas está en función de la intensidad de la luz, generalmente la intensidad de la luz es un factor importante.

Herbicidas

Agrios (2005), menciona que en muchos casos, se ha demostrado que los herbicidas aumentan la severidad de ciertas enfermedades en las plantas de cultivo, como en el caso de *Rhizoctonia solana* en la remolacha azucarera y el

algodón, la marchites del tomate y el algodón causada por *Fusarium* y la pudrición del tallo de varios cultivos causada por *Sclerotium*.

2.5 Principales patógenos que ocasionan marchitamiento en coníferas

Uribe (1995), estudió la incidencia y severidad del marchitamiento causado por *Fusarium oxysporum* Sheld., Obteniendo como resultado que el marchitamiento en coníferas es ocasionado por el hongo *Fusarium oxysporum*, encontrando mayor incidencia en *Cupressus arizonica* y *Pinus arizonica*, y a menor escala en *Pseudotsuga menziesii*. Asimismo concluyó que la altura no está correlacionada con la intensidad del daño.

Cruz (2002), determinó que los patógenos involucrados en la muerte de *Pinus halepensis* Mill, son principalmente en: raíces, *Dematophora sp*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Verticillium sp*, y *Monilia sp*; hojas y ramas, *Pestalotia sp*, *Aposphaeria sp*, *Alternaria solana* y *Fusarium subglutinans*; todos estos patógenos actúan asociados a las condiciones desfavorables del clima y estrés en que se encuentran los pinos de la zona de la reforestación de Zapalinamé.

Cisneros (1997), al estudiar el agente causal de la muerte de *Cupressus arizonica* y *Pinus halepensis* en la Sierra de Zapalinamé, concluye que los patógenos asociados a la especie de *Pinus halepensis* muertos en el área de estudio son: *Fusarium oxysporum*, *Verticillium albo-atrum*, y la bacteria *Pseudomonas syringae*.

Por su parte Vidal (1995), señala que son numerosas las especies de hongos que causan decaimiento en los árboles forestales, siendo los géneros mas frecuentes: *Poliporus*, *Armillaria*, *Fomes* *Verticillium* y *Fusarium*. Asimismo,

este autor señala que las bacterias sobre coníferas son raras, pero existen algunas que causan daños importantes.

Recientemente, Mendoza *et al.*, (2009), reportan a *Phytophthora cinnamomi*. y a *Fusarium oxysporum* como principales agentes causales de la pudrición de la raíz en *Pseudotsuga menziesii* en una plantación de 3 años de edad para la producción de árboles de navidad en el estado de México.

2.5.1 Descripción de *Fusarium oxysporum*

Importancia

Fusarium oxysporum es un hongo que se presenta principalmente como saprófito en el suelo, o también como patógeno especializado, es un hongo muy común en los suelos forestales y causante de severos daños.

En papa dextrosa agar (PDA), las colonias tienen un aspecto variable, en general el micelio aéreo al principio es blanco y el medio cambia de color a distintos tonos desde violeta a morado oscuro; si abundan los esporodoquios las colonias pueden aparecer crema a naranja, las microconidias, siempre presentes, son oval-elipsoides, mono o bicelulares, y se forman en fialidas cortas no ramificadas, nunca en cadena, pero agrupadas en falsos capítulos. Las macroconidias normalmente tres a cinco septadas, son fusoides, ligeramente curvadas y a menudo tienen una célula basal pedicelada; se forman al principio en fialidas individuales, luego esporodoquios. Las clamidosporas son solitarias o están en cadenas cortas (Uribe, 1995).

Diagnosis

El primer síntoma es la filtración de resina en las lesiones de los vástagos, el desarrollo de pequeñas ramas y cánceres sobre ramas grandes y tallos de plantas perennes; usualmente forman exudados de resina en la lesión y puede correr debajo de la corteza o gotear en el follaje.

Las agujas rodeadas de vástagos y ramas tornan de un color amarillo a gris. El síntoma más común es quizá debido a heridas del limbo y canceres del tronco (Sinclair *et al.*, 1987).

El síntoma más clásico es el exudado resinoso de canceres sobre los troncos terminales, ramas grandes y raíces expuestas. El cáncer se presenta frecuentemente en la corteza retenida y la madera de abajo.

Otro de los síntomas más notables es la muerte descendente de la corona superior resultante de la formación de canceres en las ramas. Como en las ramas con heridas son rodeados por el hongo, las agujas se tornan a un color que va de amarillo a rojizo castaño (Cruz, 2002).

Ciclo Biológico

La marchitez causada por *Fusarium*, es enfermedad típica del suelo, la principal fuente de inóculo son los restos vegetales infectados; las clamidosporas pueden persistir en forma inactiva durante varios años y germinar al disponer de nutrientes, por ejemplo la proximidad de partes jóvenes de raíces. La clamidospora germinada da lugar al inóculo al formar hifas, conidias y nuevas clamidosporas; la penetración tiene lugar principalmente en la zona de elongación de la raíz y puede facilitarse por heridas o ataques de nemátodos (especialmente por especies de *Meloidogyne*); desde el punto de penetración el hongo se extiende hacia arriba por los vasos xilémicos mediante crecimiento micelial y formación de microconidias que se transportan en la corriente transpiratoria. En

las fases posteriores puede extenderse al tejido adyacente causando necrosis exteriormente. La patogénesis está relacionada con el bloqueo de los vasos y con la formación de enzimas y toxinas. Los *Fusarium spp.* causantes de marchitez pueden también invadir y colonizar plantas que no son huéspedes, en las que causan síntomas leves, estos portadores asintomáticos contribuyen al transporte y multiplicación del inóculo (Uribe, 1995).

2.5.2 Descripción de *Phytophthora sp.*

Importancia

Es de importancia en los viveros que utilizan sustratos a base de tierras de monte, con suelos pesados y poco permeables. También causa la muerte en plantaciones de árboles de navidad. Las plantas afectadas varían en edad desde plántulas hasta árboles de varios años de edad (Cibrian *et al.*, 2007).

Diagnos

Las plantas afectadas muestran lento desarrollo, los brotes dejan de crecer y pasado un tiempo se doblan, después cambian de color y mueren, las acículas también cambian de color en un patrón descendente. Las raíces de alimentación que están infectadas son de color café negruzco, quebradizas. En los aislamientos de raíz en medios específicos se presenta un micelio blanco, crece en forma de camelia, es turuloso, es decir las hifas tienen diámetros variables, de 3.5 a 21 μm de diámetro, esporangióforos simples o ramificados en simpodio, los esporangios solo se producen en extracto de suelo, son ovales sin papila, de 23-63 x 15-38 μm ; con abundantes clamidosporas esféricas, ovales o piriformes frecuentemente en racimo (Cibrián *et al.*, 2007).

Ciclo biológico

Las oosporas y clamidosporas resistentes sobreviven en el suelo por largos periodos de tiempo. En suelos saturados de humedad, las esporas germinan y producen esporangios; los cuales liberan zoosporas capaces de nadar, las raíces de los árboles atraen a las zoosporas que germinan y penetran al tejido vegetal, el desarrollo de las hifas es intracelular. Para la formación de nuevas estructuras de reproducción se requieren pocos días.

2.6 Descripción de la especie *Pinus gregii* Engelm.

Es árbol de 10 a 15 metros de altura, con corteza lisa y grisácea cuando joven, y obscura y áspera después; ramillas flexibles de color rojizo con tinte grisáceo.

Las hojas se presentan en grupos de tres, excepcionalmente cinco en algunos fascículos, la mayoría de 7 a 14.5 cm. Son ásperas y derechas, anchamente triangulares, de color verde claro brillante, de bordes aserrados, Tienen dos haces vasculares aproximados, pero distintos, y sus conductos resiníferos son medios y en número de dos a cuatro; el hipodermo es uniforme y las paredes exteriores de las células del endodermo no son engrosadas. Se notan estomas en las tres caras.

Las vainas son persistentes y miden unos 14 mm, pero las viejas con frecuencia se desgarran y caen.

Los conos son fuertes y tenazmente persistentes, duros, sésiles, oblongo-cónicos, algo encorvados, de color ocre, lustrosos, colocados generalmente por pares o en grupos de 5 a 8 (excepcionalmente más). Las escamas son duras y fuertes, de 4 a 4.5 cm. de largo por 1.5 cm de ancho, con el umbo ensanchado, de

contorno irregular y con la quilla transversal bien marcada. Las hipófisis son desigualmente elevadas, subpiramidales en el lado externo del cono y casi aplanadas en el lado interno.

La semilla es oval, oscura, de 6 a 7 mm. Con ala de unos 20 mm de largo por 7 de ancho, engrosada en la base en una faja oblicua. La madera es ligera y en muchos casos fofo, de color blanco, ligeramente amarillento.

Fue denominado en honor a Josiah Gregg, Subdito alemán que residió nueve años en el norte de México, donde hizo importantes colecciones botánicas por el año 1884 (Martínez, 1948).

Distribución

Ramírez Herrera, *et al.*, (2005), encontró que en el sentido latitudinal es posible distinguir dos grandes áreas en la distribución natural de la especie, separadas por la discontinuidad geográfica que se presenta entre los 21°30' y 24°30' de latitud norte (figura 1). La región sur incluye 11 poblaciones conocidas en los estados de Puebla, Veracruz, Hidalgo, Querétaro y San Luís Potosí, todas ellas de la variedad *australis*, mientras que el sector norte incluye nueve poblaciones naturales conocidas de la variedad *greggii* en los estados de Nuevo León y Coahuila.

En lo que respecta a la longitud geográfica, las poblaciones se sitúan desde los 98° 03' W hasta los 100° 54' W, lo que representa una diferencia de casi 3°. La región de Patoltecoya se localiza en el extremo este de la distribución natural, y la del cerro El Penitente en el extremo oeste. Altitudinalmente, la especie se ubica entre los 1,400 y los 2,613 m s.n.m.

Las poblaciones de *P. greggii* registradas hasta el momento, se encuentran en superficies no mayores de 20 Hectáreas, se le encuentra en suelos

degradados superficiales, calcáreos, con P.H. de 6.8 a 7.7, los árboles son tolerantes al frío y a la sequía.

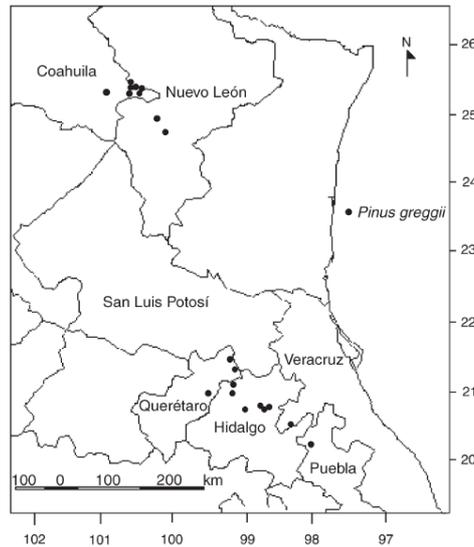


Figura1. Distribución de las 20 localidades de *P. greggii*.

Importancia económica

Dvorak (2007), cita que *P. greggii* es uno de los árboles de mayor valor económico para las poblaciones humanas. Se aprovecha para la obtención de madera para la industria del aserrío, y localmente en la obtención de postes para cerca y leña combustible. Además, esta especie ha mostrado altas tasas de crecimiento en altura y diámetro en ensayos de plantaciones así como un gran potencial para adaptarse a condiciones limitantes de humedad. Estas características favorecen su uso en programas de reforestación para la recuperación de suelos degradados en diferentes partes de México y en programas de plantaciones comerciales en sitios marginales donde no se adaptan otras especies de *Pinus*.

2.7 Métodos para monitoreo y cuantificación del daño en árboles

Varios autores han hecho referencia al efecto que tiene el intervalo de tiempo entre los censos sobre el cálculo de las tasas de mortalidad. Por ejemplo; dicen que al incrementar el intervalo entre los censos mejora la confiabilidad de la estimación, mientras que disminuye la precisión con la cual se pueden describir los eventos de término corto dentro del período, como los tipos de muerte (Chao *et al.*, 2005).

Censo de árboles

Este método consiste en contar la totalidad de los árboles de una plantación e identificar aquellos que presenten signos de ataque por la plaga. A partir de los datos de campo se estima el porcentaje de daño (como, árboles atacados / árboles totales *100). Este método requiere de un gran esfuerzo operativo (lo cual se traduce en un mayor costo), pero posee un alto grado de precisión.

Los requisitos fundamentales para el desarrollo de esta metodología es poseer conocimiento en la detección de árboles atacados, estricto cumplimiento de la metodología de trabajo y un plano de la plantación. El trabajo se ve facilitado cuando la plantación posee divisiones internas, de modo que uno pueda trabajar las unidades por separado y en gabinete hacer el análisis general.

En caso de poseer plantaciones en macizo dentro de las que no se cuente con parcelas internas, se recomienda trazar límites valiéndose por ejemplo, de un cambio de especie, cambio de edad, arroyos, claros, etc. Este método es usualmente aplicable en plantaciones de hasta 100 ha. Como resultado adicional, el método permite conocer la distribución de los árboles atacados dentro del predio (o parcela). Esto se obtiene mediante la georeferenciación de cada árbol atacado. Mediante distintos métodos (manuales o con la ayuda de una PC).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área

Localización

El área de estudio se localiza en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (C.A.E.S.A) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el municipio de Arteaga, Coah; a una distancia aproximada de 45 km de Saltillo, Coah; se ubica en la coordenada geográficas cental 25° 24' 11.2" N y 100° 36' 25.96" W, a una altitud de 2269 msnm (INEGI, 2000).

El área de estudio fueron dos plantaciones de *Pinus greggii*, establecidas en el año de 1992. La primera con un total de 244 individuos al momento de realizar el estudio, distribuidos en 21 hieras, con un promedio de 12 árboles en cada una. La segunda plantación también consta de 21 hileras con 17 árboles en promedio cada una de ellas y un total de 329 (Figura 2).



Figura 2. Plantaciones "A" y "B" del C.A.E.S.A., Los lirios, Arteaga, Coahuila, donde se realizó la evaluación de la mortandad.

Clima

De acuerdo con la estación meteorológica de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah., ubicada a 12 km del CAESA, el clima es templado con verano fresco y largo, con una temperatura media anual de 13.6 °C; la temperatura media del mes más frío es de 9°C y la del mes más caliente es de 16.1 °C; las temperaturas más altas se presentan en los meses de mayo a julio y las más bajas de diciembre a febrero; la precipitación media anual es de 521.2 mm; los meses con mayor precipitación son de junio a septiembre y los meses más secos son febrero y marzo, siendo julio el mes más lluvioso (CONAGUA, 2001).

La fórmula climática del área de estudio es Cb(X')(Wo)(e)g (García, 1987).

Hidrología

El área se encuentra dentro de la región hidrológica Bravo - Conchos y la cuenca hidrológica Río Bravo - San Juan. Están presentes dos arroyos intermitentes uno en la parte Norte y otro en la parte Oeste, que nacen en la parte alta de la Sierra Rancho Nuevo (INEGI, 2000). La geología del CAESA esta constituida de rocas de origen sedimentario, con depósitos de aluvión (Zambudio, 2005).

Suelos

Los suelos predominantes son los feozem calcáricos y en menor proporción las rendzinas, con una textura fina, que se encuentran en fase petrocálica (CETENAL, 1977).

3.2 Procedimiento de estudio

Las variables observadas en este estudio fueron; porcentaje de mortandad, porcentaje de árboles infectados sin morir, porcentaje de sobrevivencia. Además diámetro y altura del arbolado y el diagnóstico para indagar la posible causa de mortalidad.

Para cuantificar la mortalidad del arbolado y grados de infección, el método consistió en contar la totalidad de los árboles de la plantación en cada una de las hileras, identificando los árboles vivos, muertos y los que presentaban la infección grado 1, grado 2 y grado 3. A partir de los datos de campo, se estimó el porcentaje de daño. La sintomatología de la infección se evidenció por el cambio de coloración del follaje, considerando los siguientes niveles:

Sanos: Se consideró en esta categoría a todos los árboles que no presentaban ningún síntoma de enfermedad; es decir aquellos árboles que se encontraban con follaje totalmente verde.

Grado 1: En esta categoría se registraron aquellos árboles que presentaban una clorosis verde limón en algunas áreas del follaje.

Grado 2: Este grado se asignó a los árboles que presentaban un color amarillento rojizo en su follaje.

Grado 3: Árboles que presentan su follaje rojizo, con algunas pequeñas áreas de follaje amarillentas.

Muertos: Aquellos árboles que como característica visible tenían el total del follaje rojizo y fuste totalmente seco, sin ninguna posibilidad de supervivencia.

Se realizaron dos conteos del arbolado, el primero de ellos en el mes de Junio de 2008, y el segundo censo fue en el mes de Noviembre de 2009, en ambos se tomaron datos del estado sanitario de cada árbol.

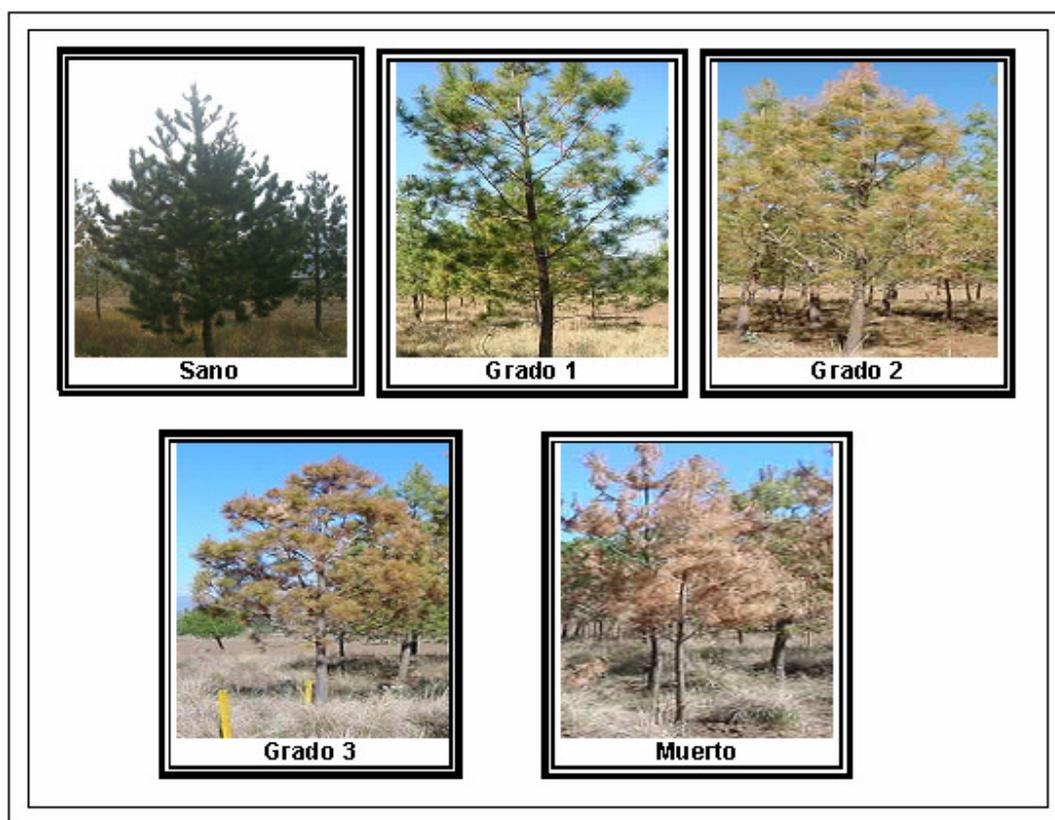


Figura 3. Diferentes grados de infección evaluados en los árboles.



Figura 4: Conteo de árboles en Noviembre de 2009.

3.3 Determinación de las causas de mortalidad

Para determinar las posibles causas de la mortalidad del arbolado se tomaron muestras de suelo, raíz, fuste y follaje, posteriormente fueron trasladadas al laboratorio de fitopatología del departamento de parasitología agrícola de la UAAAN, en donde se hicieron los análisis parasitológicos correspondientes; además para hacer un diagnóstico integral a nivel de campo, se hicieron una serie de observaciones relativas al sitio y al uso de los suelos aledaños así como la determinación de las condiciones propias de las plantaciones; además de verificar las condiciones atmosféricas de la región.

Finalmente se midieron el diámetro y la altura del arbolado con la finalidad de correlacionar la incidencia de la mortalidad con las diferentes medidas dasométricas.

Para el proceso de la información se capturó la información en una base de datos Microsoft Office Excel, donde se generaron cuadros y gráficas de las mediciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la mortalidad y grado de infección

En el Cuadro 1, se muestra la mortalidad y grados de infección observados y cuantificados en la plantación “A” mostrada en la figura 2, durante la primera lectura realizada el 20 de Junio de 2008. Donde se observan un total de 244 árboles presentes; de los cuales el 39.75 % o sea 97 árboles estaban muertos; 48 árboles (19.67 %) presentaron grado de infección I; otros 20 árboles (8.19 %) mostraron grado de infección II y 12 árboles (4.91) mostraron grado de infección III. solo 67 árboles (27.45 %) estaban sanos sin ninguna evidencia de daño.

Cuadro 1. Mortalidad y grado de infección del arbolado de *Pinus greggii* en la plantación “A”, y “B” del C.A.E.S.A., Los Lirios, Arteaga, Coahuila; en la lectura del 20 de Junio de 2008.

CATEGORIA	Plantación (A)		Plantación (B)	
	# De árboles	% de árboles	# De árboles	% de árboles
Sanos	67	27.45	145	44.07
Grado 1	48	19.67	91	27.65
Grado 2	20	8.19	17	5.16
Grado 3	12	4.91	13	3.9
Muertos	97	39.75	63	19.14
Total	244	100	329	100

En la Figura 5, se muestra la distribución espacial de la mortalidad del arbolado en la plantación "A" y como se puede observar, la distribución del arbolado muerto tiene una marcada preferencia por ubicarse en la parte Este de la misma, lo que nos permite pensar que el inoculo o el agente causal que haya ocasionado la muerte de este arbolado se encuentra localizado preferentemente en este sector.

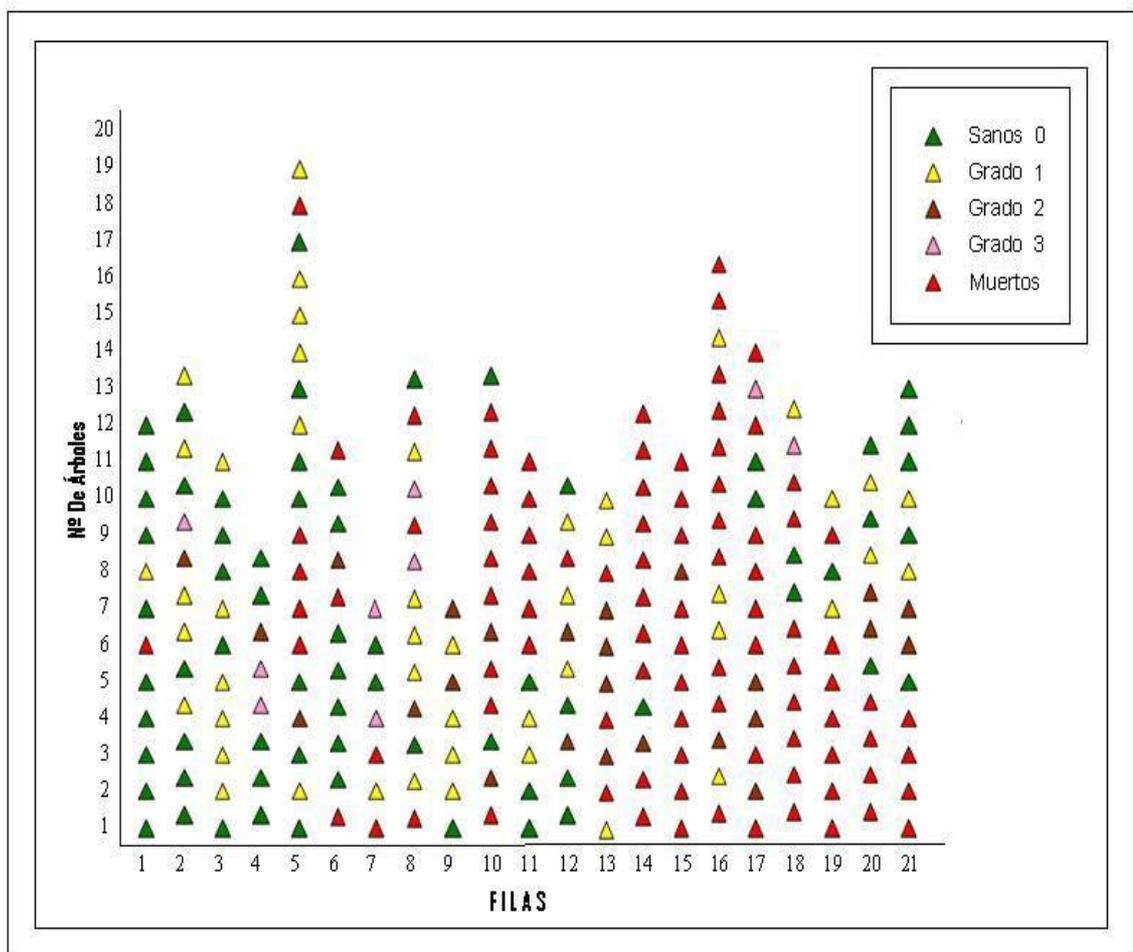


Figura 5. Distribución espacial de la mortalidad y grados de infección del arbolado en la plantación "A" en la lectura de Junio de 2008.

En el mismo Cuadro 1, se muestra la mortalidad observada en la plantación “B” que se señala en la figura 2 y como se puede notar de un total de 329 árboles presentes, el 19.14 % estaban muertos, o sea 63 árboles; 91 árboles (27.61 %) presentaron grado de infección I; otros 17 árboles (5.16%) mostraron grado de infección II y 13 árboles (3.9 %) mostraron grado de infección III. solo 145 árboles (44.07 %) estaban sanos sin ninguna evidencia de daño.

En la Figura 6, se muestra en forma objetiva la mortalidad y grados de infección que hubo en las plantaciones “A” y “B”, de la fecha 20 de Junio de 2008, observándose claramente las diferencias entre una y otra plantación.

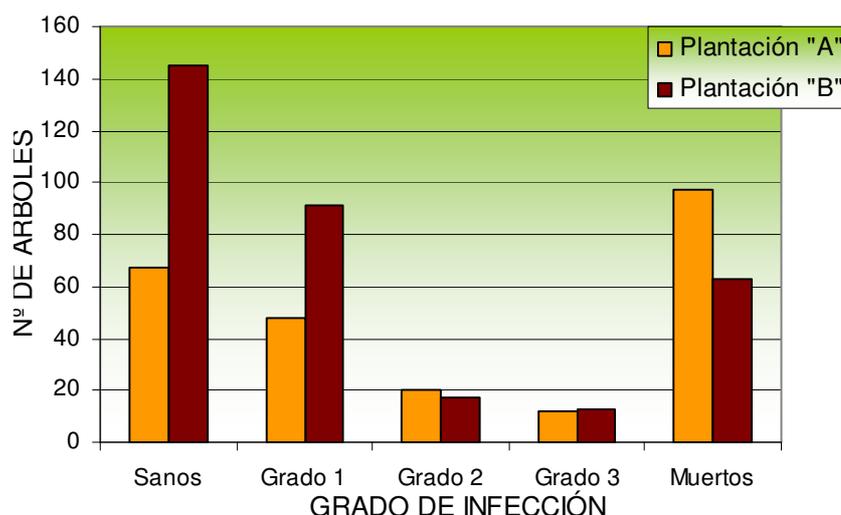


Figura 6. Mortalidad y grados de infección de las plantaciones “A” y “B” para la fecha de Junio de 2008.

En la Figura 7, se muestra la distribución espacial, de la mortalidad del arbolado en la plantación “B”, en la lectura de Junio de 2008 y como puede observarse, la distribución del arbolado muerto no guarda una tendencia definida como se observó en la plantación “A”; además de que se mostró mucha menor mortalidad e infección en comparación con la primera plantación.

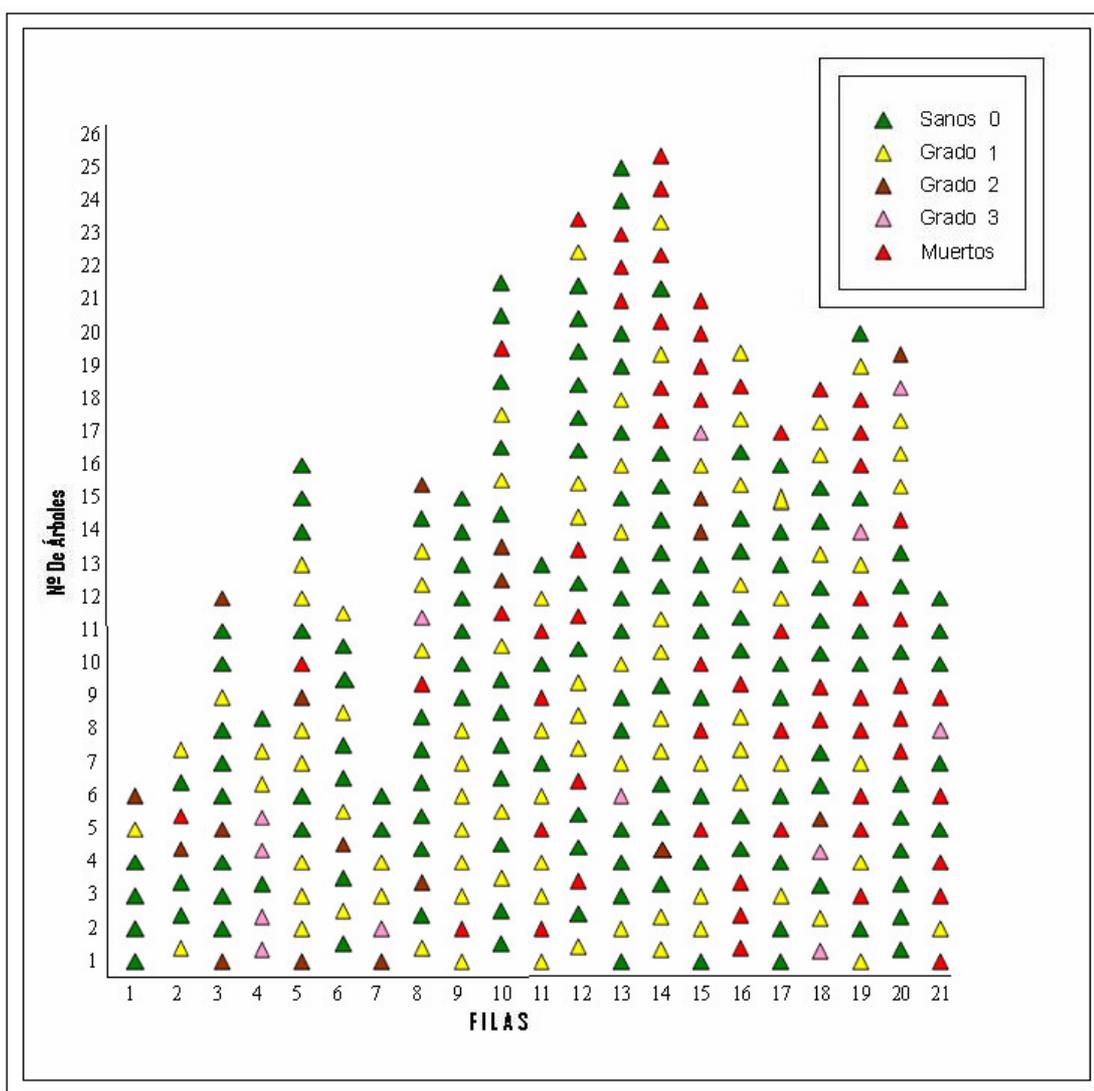


Figura 7. Distribución espacial de la mortalidad y grados de infección del arbolado, en la plantación “B” en la lectura de Junio de 2008.

En el Cuadro 2, se muestra la mortalidad y grados de infección, observados y cuantificados en la plantación “A”, durante la segunda lectura realizada el 15 de noviembre de 2009, donde se puede observar un total de 244 árboles presentes, de los cuales el 65.57% o sea 160 árboles estaban muertos; 38 árboles (15.57%) presentaron grado de infección I; otros 22 árboles (9.01%) mostraron grado de infección II y 4 árboles (1.63 %) mostraron grado de infección III. solo 20 árboles (8.19 %) estaban sanos sin ninguna evidencia de daño.

Cuadro 2. Mortalidad y grado de infección del arbolado de *Pinus greggii* en la plantación "A", y "B" del C.A.E.S.A., Los Lirios Arteaga, Coahuila en la lectura de Noviembre de 2009.

CATEGORIA	Plantación (A)		Plantación (B)	
	# De árboles	% de árboles	# De árboles	% de árboles
Sanos	20	8.19	105	31.91
Grado 1	38	15.57	92	27.96
Grado 2	22	9.01	17	5.16
Grado 3	4	1.63	8	2.43
Muertos	160	65.57	107	32.52
Total	244	100	329	100

En el mismo Cuadro 2, se muestra la mortalidad observada en la plantación "B" señalada en la Figura 2, y como se puede notar de un total de 329 árboles presentes, el 32.52 % están muertos, o sea 107 árboles; 92 árboles (27.96 %) presentaron grado de infección I; otros 17 árboles (5.16%) mostraron grado de infección II y 8 árboles (2.43 %) mostraron grado de infección III. solo 105 árboles (31.91 %) estaban sanos sin ninguna evidencia de daño.

En la Figura 8, se muestra la distribución espacial de la mortalidad del arbolado en la plantación "A", en la lectura de Noviembre de 2009, y como se puede observar, la distribución del arbolado muerto siguió con la misma tendencia de mortalidad, ubicándose en la parte Este de la plantación.

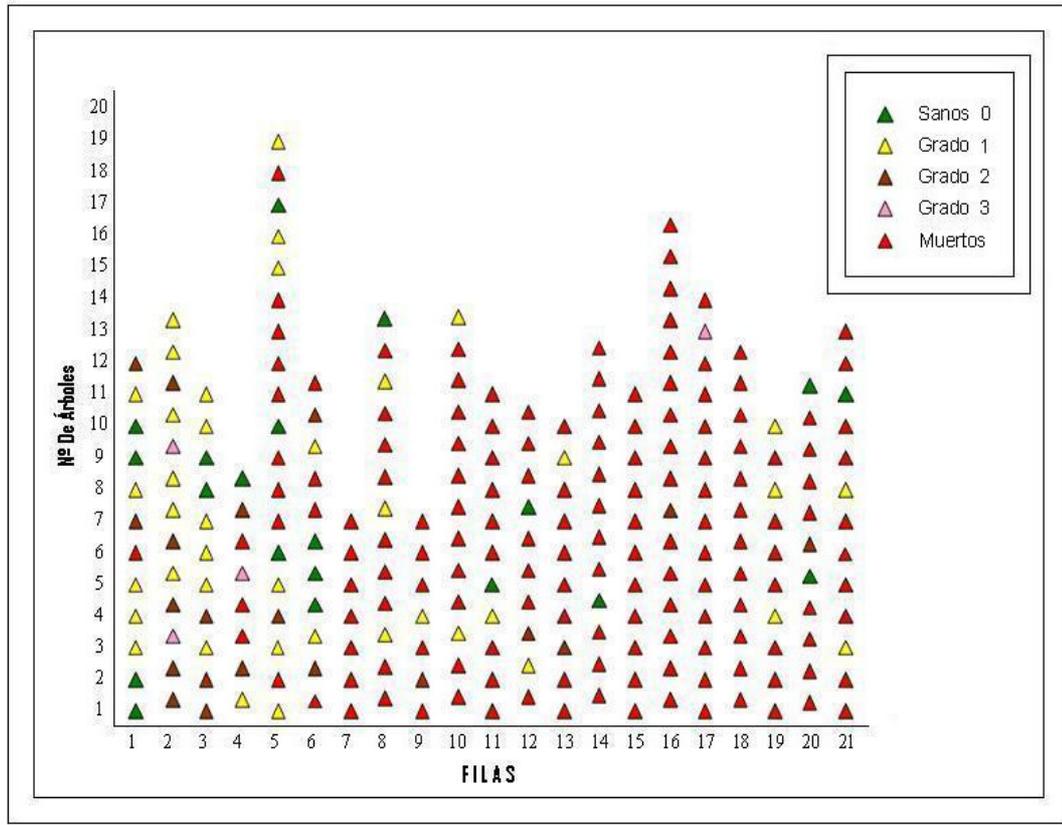


Figura 8. Distribución espacial de la mortalidad y grados de infección del arbolado en la plantación "A". en la lectura de Noviembre de 2009.

En la Figura 9, se muestra en forma objetiva la mortalidad y grados de infección que hubo en las plantaciones "A" y "B", a la fecha de Noviembre de 2009, observándose claramente las diferencias entre una y otra plantación.

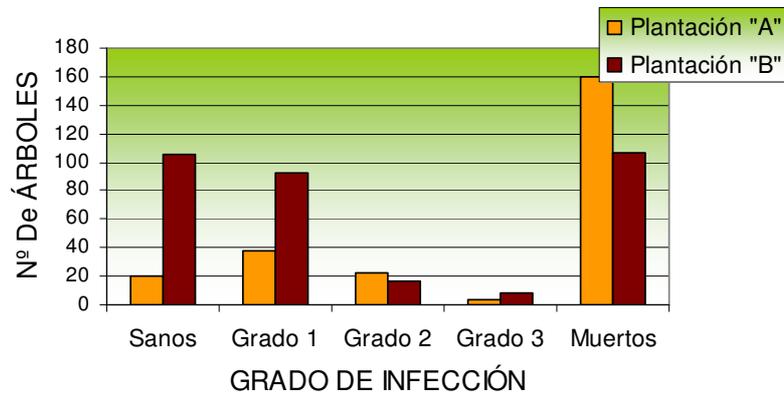


Figura 9. Mortalidad y grados de infección de las plantaciones “A” y “B” a la fecha de Noviembre de 2009.

En la Figura 10, se muestra la distribución espacial de la mortalidad del arbolado en la plantación “B”, en la lectura de Noviembre de 2009 y como puede observarse, la distribución del arbolado muerto no guarda una tendencia definida como se observó en la plantación “A”, además de que se mostró mucha menor mortalidad e infección en comparación con la primera plantación.

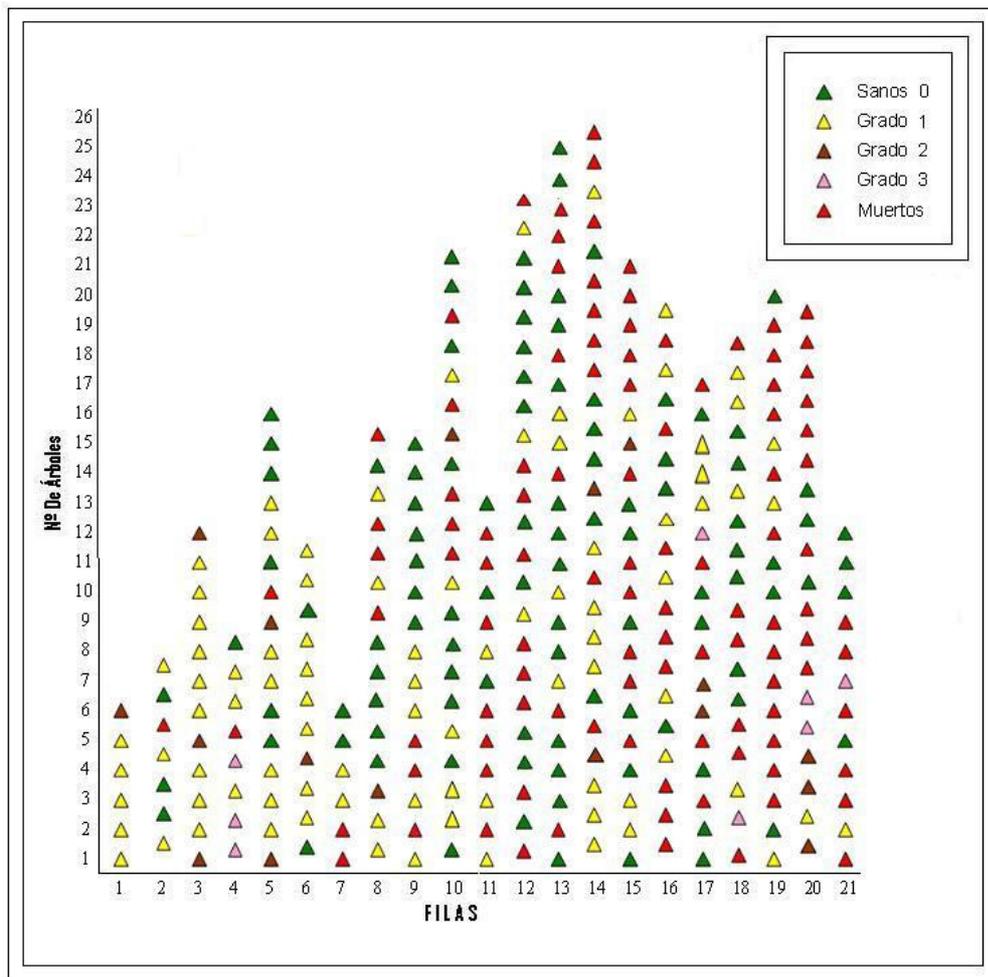


Figura 10. Distribución espacial de la mortalidad y grados de infección del arbolado en la plantación “B” en la lectura de Noviembre de 2009.

4.2 Avance de la mortalidad de Junio de 2008 a Noviembre de 2009

En el Cuadro 3 y Figura 11, se presenta una comparación de la mortalidad del arbolado y los grados de infección observados en el 2008 y los de 2009, en la plantación “A”; y como se puede observar en el 2008, el número de árboles muertos fue de 97, mientras que para el 2009 se eleva a 160 la cantidad de árboles muertos, representando un 65.57 % del arbolado total.

Contrariamente, de los 67 árboles sanos presentes en el 2008 solo quedaron 20 individuos completamente sanos y el resto de los árboles 64, siguen presentando algún grado de infección. Esto revela la alta severidad en que han venido muriendo los árboles de *Pinus greggii* en el C.A.E.S.A.

Cuadro 3. Mortalidad e infección en la plantación “A” durante el 2008 y 2009.

Árboles	Junio (2008)	Noviembre (2009)
Sanos	67	20
Grado 1	48	38
Grado 2	20	22
Grado 3	12	4
Muertos	97	160
Total	244	244

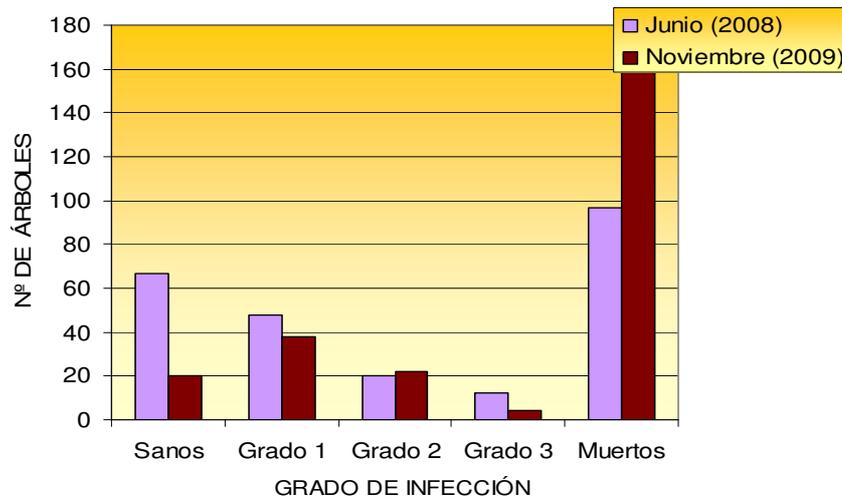


Figura 11. Mortalidad e infección de la plantación “A” en la lectura de Junio de 2008 y Noviembre de 2009.

De igual forma en el Cuadro 4 y Figura 12 se muestra en forma comparativa la mortalidad del arbolado y los grados de infección observados, en la plantación “B” durante el 2008 y 2009. En él se puede observar que la cantidad de árboles muertos también se elevó de 63 a 107, pero siendo mucho menor a los

árboles muertos de la plantación “A” quedando en la actualidad 105 árboles completamente sanos y el resto 117, con algún grado de infección.

Cuadro 4: Mortalidad e infección en la plantación “B” durante el 2008 y 2009.

CATEGORIA	Número de árboles	
	2008	2009
Sanos	145	105
Grado 1	91	92
Grado 2	17	17
Grado 3	13	8
Muertos	63	107
Total	329	329

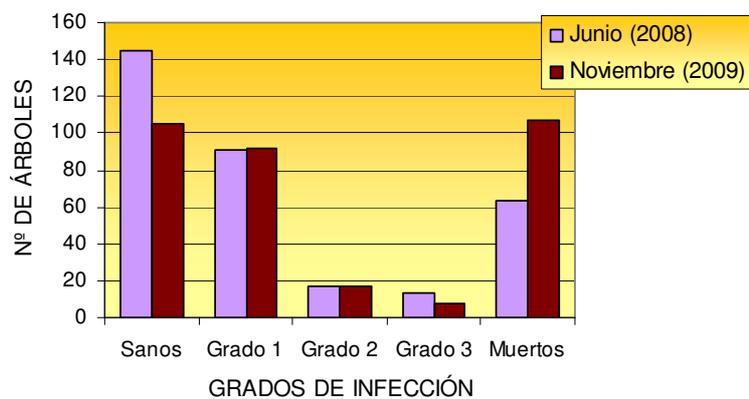


Figura 12. Mortalidad e infección de la plantación “B” en la lectura de Junio de 2008 y Noviembre de 2009.

4.3 Diámetros de fuste y grados de infección y mortalidad

En el Cuadro 5 y Figura 13, se muestra el número de árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica de la plantación "A", y donde se puede observar que todos los árboles que tuvieron categoría menor de 8 ninguno estuvo sano, casi todos estuvieron muertos, de un total de 75 árboles murieron 68, los otros 7 presentaron algún grado de infección.

Los árboles con categoría diamétrica de 8.1 a 12 también mostraron una elevada mortalidad pues de 117 individuos pertenecientes a esta categoría diamétrica, murieron 85 y solo 4 estuvieron sanos, además los 28 árboles restantes presentaban algún grado de infección, concentrándose principalmente en el grado 1 y 2 de infección.

Por su parte los árboles que cayeron en la categoría diamétrica de 12.1 a 16 aunque fueron pocos los que se registraron en esta categoría, de 49 árboles solo murieron 6 y 16 de ellos estuvieron sanos, los 27 restantes presentaron el grado 1 y 2 de infección. Finalmente, la categoría diamétrica de 16.1 a 20, solo se registraron 3 árboles de los cuales 1 estaba muerto y los otros dos con grado de infección 1 y 2 respectivamente.

Cuadro 5. Árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica en la plantación "A" al 2009.

CD. (cm.)	Sanos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Muertos	TOTAL
< 8	0	1	4	2	68	75
8.1-12	4	16	10	2	85	117
12.1-16	16	20	7	0	6	49
16.1-20	0	1	1	0	1	3
total	20	38	22	4	160	244

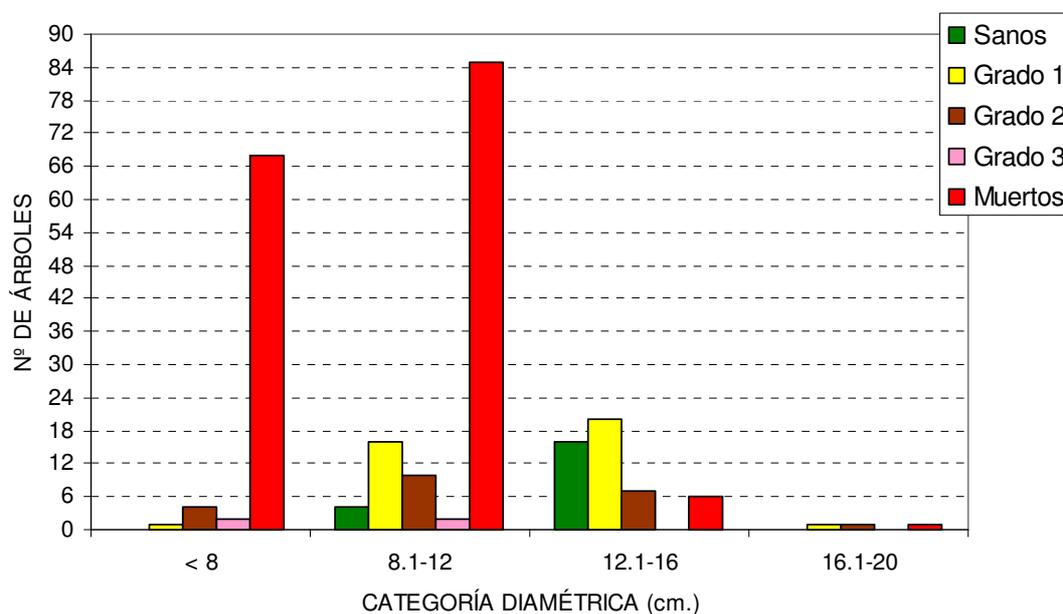


Figura 13. Árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica en la plantación “A” a la fecha de Noviembre de 2009.

En cuanto a la relación de mortalidad de árboles y grados de infección de la plantación “B” según la categoría diamétrica, los resultados se muestran en el Cuadro 6 y Figura 14, donde se observa perfectamente que los árboles más sanos son los correspondientes a las categorías diamétricas mayores, siendo la distribución de la siguiente manera: La categoría de 16.1-20 cm. presentó un total de 74 árboles, de los cuales 43 están sanos, 2 muertos y los otros 29 con frecuencia en los grados 1 y 2; de la categoría 12.1-16, se registraron 79 árboles, los cuales se registraron mayormente como sanos y grado de infección 1, siendo 24 y 48 respectivamente, los otros 7 árboles se registraron en la categoría de grado 2 y muertos.

En los árboles con categoría diamétrica de 8.1 a 12 encontramos una diferencia muy marcada con respecto a las categorías descritas anteriormente, pues de un total de 69 árboles, 52 están muertos y solo 12 están sanos, los otros se localizan en los grados 1, 2 y 3.

Por su parte los árboles que cayeron en la categoría diamétrica de < 8 aunque fueron pocos los que se registraron en esta categoría, de 25 árboles solo 2 están sanos, y los 23 árboles restantes de esta categoría diamétrica se encuentran muertos.

Cuadro 6. Árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica en la plantación "B" al 2009.

CD (cm)	Sanos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Muertos	TOTAL
< 8	2	0	0	0	23	25
8.1-12	12	1	1	3	52	69
12.1-16	24	16	9	5	28	82
16.1-20	24	48	5	0	2	79
20.1-25	43	27	2	0	2	74
	105	92	17	8	107	329

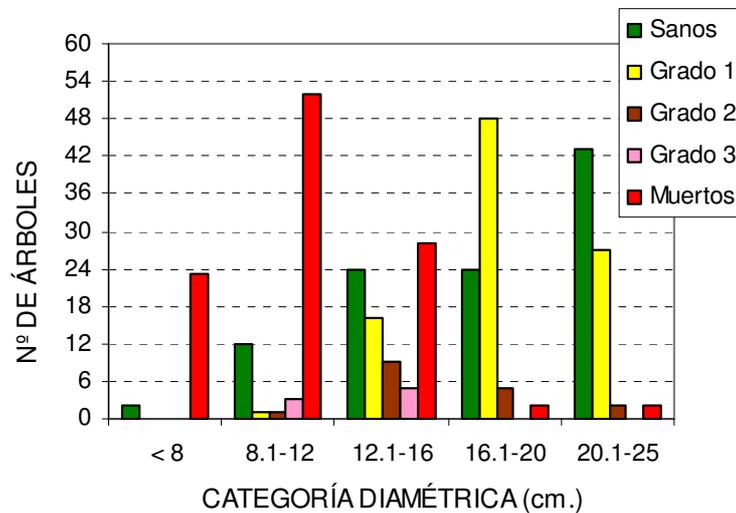


Figura 14. Árboles muertos e infectados en relación a la categoría diamétrica en la plantación "B" a la fecha de Noviembre de 2009.

4.4 Discusión de los resultados de la evaluación

El hecho de que en la plantación “A” se hayan presentado el mayor número de árboles muertos y que los pocos que quedaron en pie, la mayoría de ellos tienen algún grado de infección, se le puede atribuir posiblemente a las siguientes razones:

En primera instancia, en esta plantación los árboles registraron categorías diamétricas mucho menores que en los árboles de la plantación “B”, lo cual puede ser un factor de menor resistencia o defensa natural, que los individuos que tienen mayores diámetros. Este fenómeno concuerda con la opinión de Cibrián *et al.*, (2007) que señala que los árboles más débiles son los más susceptibles ante la presencia de plagas y enfermedades y otros agentes abióticos que afectan las masas forestales.

Por otra parte en virtud que la plantación “A” se encontraba en la parte baja del terreno, donde posiblemente se pudo haber concentrado mayormente el inóculo de algún posible patógeno (*Fusarium oxysporum*), ya que como se señala en la literatura consultada, el inóculo es dispersado principalmente por la corriente de agua y por la acción del viento, entre otros agentes como animales domésticos y silvestres y por el hombre mismo ya sea en su cuerpo en sus herramientas de trabajo.

Finalmente la incidencia de este problema de sanidad ocurrido en junio de 2008, es justo reconocer que no fue exclusivo de las plantaciones del C.A.E.S.A., sino que también se presentó en otras plantaciones existentes en la sierra de Arteaga y que la mortalidad siguió avanzando hasta finales de 2009 en que se hizo el segundo muestreo. Esto hace pensar que se trataba más bien de un problema ambiental relacionado a la sequía presentada en los últimos 5 años y a las altas temperaturas que también se mostraron en estos años.

4.5 Causas probables de la mortalidad del arbolado

Dentro de las posibles causas de la mortalidad del arbolado de *Pinus greggii* Engelm. de las plantaciones del C.A.E.S.A., podemos deducir dos causas principales, una el ataque de agentes patogénicos y otra el impacto negativo de la sequía y altas temperaturas.

Las otras causas de mortalidad que señala la literatura para nuestro criterio quedan descartadas en virtud de que el problema que se presentó no fue exclusivo del C.A.E.S.A., sino que se registró en forma generalizada en la región, por lo que no se le pudo atribuir por ejemplo a la falta de manejo o al escurrimiento de productos químicos tóxicos, ya que para este último caso la agricultura que se practica en el lote colindante es de temporal y sin aplicación de alta tecnología.

a) Presencia de agentes patogénicos

Los análisis parasitológicos que se realizaron de las muestras tomadas en estas plantaciones, tanto de suelo, raíz, corteza y follaje revelan la presencia esporádica de tres hongos, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme* y *Phytophthora sp.*, ambos patógenos son altamente conocidos como problemas de sanidad forestal en México y de la región en particular. (Uribe, 1995; Cruz, 2002; Cisneros, 1997; Vidal 1995; Cibrian, *et al.*, 2007; Mendoza *et al.*, 2009). Sin embargo no en todas las muestras que se procesaron se evidenció su presencia, y también la cantidad de inóculo presente en los análisis fue muy ligera, lo que puso en duda la certeza de que estos patógenos fueran la causa de la mortalidad del arbolado en estas plantaciones. No obstante en casos de mortalidad de árboles en años anteriores en áreas forestales de la región, como en la reforestación de Zapalinamé y otras plantaciones vecinas se ha revelado la incidencia del hongo *Fusarium oxysporum*, con suma frecuencia.

La sintomatología más característica de *Fusarium sp.*, son la decoloración amarillo-rojiza del follaje de los pinos afectados a la que no sigue como en otros casos su defoliación inmediata, así como los brotes periféricos curvados, secos y quebradizos en las ramillas mas externas de la copa.

b) Sequía y temperaturas altas

En los años del 2005 al 2009, se registraron temperaturas muy altas y escasas precipitaciones a nivel nacional. Lo cual algunos autores ligan esta circunstancia al debilitamiento y predisposición del arbolado al ataque de plagas y enfermedades, e incluso a la muerte del arbolado completamente sano. A los cuales no se les encuentra ninguna evidencia de patógenos (Miling, 1978; Cibrián *et al.*, 2007).

Se tiene conocimiento que la temperatura está ligada al buen desarrollo y crecimiento de las plantas leñosas, cuando ésta es demasiado alta, puede causar daño a los procesos fisiológicos como: respiración, fotosíntesis, traslocación y absorción.

El daño por temperaturas altas es mas severo cuando es acompañado de la sequía. Pues el agua proporciona fuerza mecánica a través de la turgencia de las células, participa en reacciones metabólicas y tiene un papel preponderante en la distribución de materiales disueltos en la corriente de transpiración, Cabe mencionar que a los árboles jóvenes y aquellas especies que tienen corteza mas delgada como el caso de *P. greggii*, son mas propensos a sufrir daños por consecuencia de la sequía y altas temperaturas.

Por lo anterior, se considera esta causa como una de las más probables, ya que los árboles muertos y con mayores grados de infección fueron los que presentaban diámetros menores, es decir con la corteza más delgada que los de diámetros mayores. Por otra parte, se tiene que las zonas de la plantación mas

afectadas fueron aquellas que estaban expuestas mayormente a los rayos del sol y al viento, lo que aceleró deshidratación y muerte del árbol.

En el Cuadro 7, se muestran los datos meteorológicos de temperatura máxima y precipitación total que se han registrado en la estación meteorológica de San Antonio de las Alazanas; en dicho cuadro se aprecian las variaciones que han ocurrido a partir del año 2005 hasta el 2009. De dicho cuadro se derivan las figuras 15, 16 y 17, en las que se puede explicar claramente el comportamiento de estos dos parámetros evaluados.

Cuadro 7. Comportamiento de la precipitación y temperaturas de los últimos cinco años en la región la Sierra de Arteaga, Coah.

	TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS (Media mensual)									
	2005		2006		2007		2008		2009	
Mes	T ° C	PP	T ° C	PP	T ° C	PP	T ° C	PP	T ° C	PP
Enero	23	21	24	24	22	32	23	0	25	0
Febrero	25	124	26	1	28	0	26	0	26	0
Marzo	27	19	27	15	26	20	27	0	26	12
Abril	29	6	31	44	27	50	30	34	29	26
Mayo	30	41	29	35	28	37	31	50	29	49
Junio	31	8	30	42	30	65	31	26	29	48
Julio	30	137	28	208	28	162	29	59	29	28
Agosto	27	135	30	148	28	54	28	123	30	72
Septiembre	27	345	26	125	28	50	27	124	25	84
Octubre	27	40	25	91	28	0	26	9	28	50
Noviembre	26	3	25	1	25	41	24	5	26	8
Diciembre	21	17	22	44.8	24	0	25	0		0.1
Media Anual	26.92	896	24	778.8	22	511	23	430	25	377.1

En la Figura 15 podemos ver como es que la temperatura ha ido variando, podemos notar que a partir del 2005 disminuyó someramente, y del 2006 al 2009 ésta incrementó; sin embargo, al analizar la línea de tendencia, podemos notar un incremento a partir del 2005 hasta el 2009, con un coeficiente de correlación de R de 0.7011.

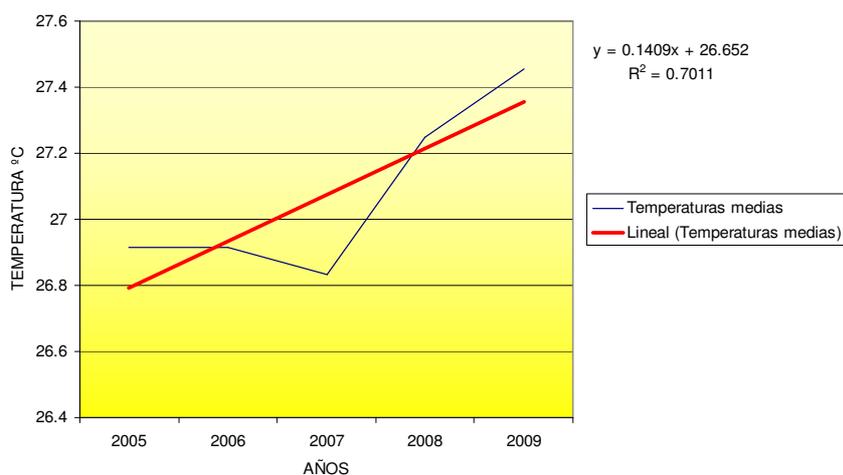


Figura 15. Promedio de temperaturas máximas anuales registradas en la estación meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coah.

En la Figura 16, podemos ver el comportamiento de la precipitación, donde se aprecia todo lo contrario a lo ocurrido con la temperatura, pues a partir del 2005 la precipitación total fue disminuyendo, y así continuó hasta el 2009, se puede ver claramente en la línea de tendencia, donde $R = 0.933$

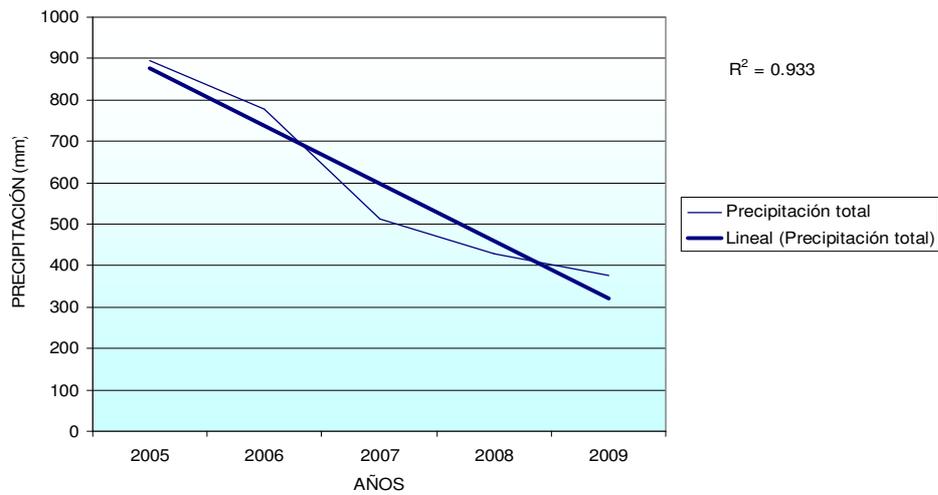


Figura 16. Precipitación total anual registrada en la estación meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coah.

Por otra parte, en la Figura 17, se muestra la temperatura registrada mensualmente para los últimos cinco años, donde podemos notar que en los meses de Mayo y Junio del 2006 al 2008 se registraron las mas altas, oscilando de 29 a 31 ° C.

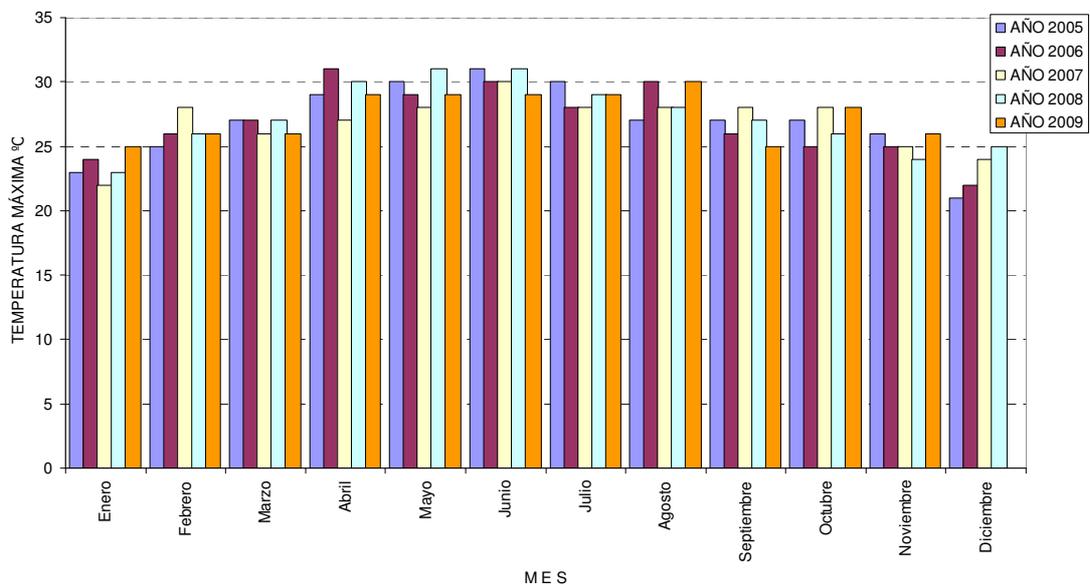


Figura 17. Temperaturas máximas mensuales registradas en la estación meteorológica de San Antonio De Las Alazanas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1.- Después de haber realizado el primer conteo de árboles, se pudo notar que fue disminuyendo el número de árboles completamente sanos, mostrando después algún grado de infección.

2.- Los árboles de la plantación "A" fueron los que presentaron mayor mortalidad, coincidiendo con que eran los árboles donde se registraron las menores categorías diamétricas.

3.- Se establecen algunos supuestos de las causas probables de la mortalidad del arbolado, entre las que destacan la presencia de los hongos *Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme* y *Phytophthora sp.*; además se asume que pudo haber existido algún problema ambiental relacionado con el clima, dado a la sequía prolongada que hubo del 2005 al 2009 y la presencia de altas temperaturas poco habituales en esta región.

En base a los resultados y conclusiones generados en el presente trabajo, se derivan las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda que se realicen labores de manejo a las plantaciones del C.A.E.S.A., principalmente podas, aclareos y riegos, con esto se logrará que los árboles de las plantaciones estén más vigorosos y sean menos susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, de igual manera se verán menos afectados por fenómenos como la sequía y altas temperaturas principalmente.

2. Crear un programa de medidas de contingencias para siniestros como: incendios, prolongación de sequías, ataque de plagas, entre otras.

VI. LITERATURA CITADA

- Agostini, J. P., Toloza R., R., Argüelles T., C., Domecq A., S., Olocco D. y A. Piccoli (2002). Determinación de la posible causa de la mortandad de árboles de kirl. Novenas Jornadas Técnicas Forestales. INTA-FCF-MEYRNRYT-EI Dorado, Misiones, Argentina
- Agrios G., N. (2005) Plant pathology. Fifth edition. Academic press London, 922 p.
- Allen, C. D. (2009). Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento? *Unasyuva* 231/232, Vol. 60
- Alvarado R., D., Saavedra R., L. (2009). La condición de copa como indicador de salud forestal en los bosques de México. Pag. 1. XI Simposio nacional de parasitología forestal, Oaxaca de Juarez, Oax. 18 al 20 de Noviembre de 2009.
- Bucio Z., E. (2005). Selección de árboles y diseño de un área semillera de *Pinus greggii* Engelm. en el CAESA, Arteaga, Coahuila.
- CETENAL (1977). Carta Edafológica. Arteaga G14 C34. Escala. 1:50,000. México.
- Cibrián T., D., Alvarado R., D. y S. E. Garcia D., (2007). Enfermedades forestales en México 1^º Ed, Chapingo, México.
- Cisneros D. L., M. D. C., (1997). Agente causal de la muerte de *Cupressus arizonica* y *Pinus halepensis* en la sierra Zapalinamé.
- Chao K., J., Phillips, O. (2005) Manual de campo para censos sobre el tipo de mortandad de árboles. pp 11
- (CONAGUA). 2001. Departamento de hidrología operativa. Precipitación y Temperaturas de la Estación Meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coahuila.
- Contreras M., R. (2005). Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm establecido en el CAESA Arteaga, Coahuila. Tesis profesional UAAAN, Saltillo, Coahuila, Max.
- Cruz Ch., L. (2002). Patógenos involucrados en la muerte de pino *Pinus halepensis* Mill en la zona de reforestación de Zapalinamé.

- Dvorak, W.S. (2007). Species Descriptions *Pinus greggii* Engelm. Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative (CAMCORE) Department of Forestry, North Carolina State University.
- García, E. (1987). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México. 245 p.
- INEGI (2000) Carta topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:50,000. México.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. CLIMATE CHANGE THE PHYSICAL SCIENCE BASIS. Cambridge, Reino unido, Cambridge University Press. Pág. 23.
- Jump, A., Hunt, J.M. and J Peñuelas. (2006). Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*, p.p. 2163–2174.
- Londoño V., A. C. y E. M. Jiménez R. (1999). Efecto del tiempo entre los censos sobre la estimación de las tasas anuales de mortalidad y de reclutamiento de árboles (Periodos de 1,4 y 5 años); *Crónica Forestal y medio ambiente*. Diciembre, vol, 14 N°1, Colombia.
- Lorente D., G, Gómez J., L., Santos R., L., Flores C., A., Galindo L. y J. Navarro. (2004). Los efectos biológicos del cambio climático *Ecosistemas* 13 (1): 103-110.
- Martínez, M. (1948). Los pinos Mexicanos 2 edición Ediciones botas México.
- Mendoza C., A., Cibrian T., D. y S. E. García D. (2009). *Phytophthora sp.* Rands. y *Fusarium oxysporum* Schldtl. como agentes causales de pudrición de raíz en *Pseudotsuga menziessii* var. *Glauca* (Mayr) Franco. P54 XI Simposio nacional de parasitología forestal, Oaxaca de Juarez, Oax. 18 al 20 de Noviembre de 2009.
- Miling, F. L. (1978). Notas sobre Fitopatología. Tesis profesional. Escuela Superior De Agricultura S.L.P.
- Muñoz C., Perez, V., Cobos P.; Hernandez, R., y Sanchez, G. (2003) *Sanidad Forestal, Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. Mundi-prensa, Madrid.
- O' Brien J., G., Tainter F., H., Gutiérrez R., R., y A Hernández Bolaños. (1997). El declinamiento forestal. Memoria de resúmenes IX Simposio Nacional

sobre parasitología forestal, 15 al 17 de octubre de 1997. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Petteri S., E., Sánchez I. y Jeffery A., W. (1999). Ensayos de especies y procedencias en el oeste de México. Resultados del primer año. Foresta veracruzana, Año/vol. 1, número 002. México pp. 5.

Ramírez H., C, Vargas H., J. - y J. López U. (2005). Distribución y conservación de las poblaciones Naturales de *pinus greggii*. Acta Botanica Mexicana 72: 1-16

SEMARNAT., CONAFOR., INE. (2007). Reporte sobre “Los efectos de las variaciones climáticas y las actividades humanas en la degradación de tierras en México”.

Sinclair. Lyon W., A., and H., H. Johnson, W.,T.(1987). Disease of tree and Shrubs. Ed;1º. Edit, Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca and London. 574 p.

Torres R., J. M. y O. S. Magaña Torres. (2001). Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa, México, D.F.

Uribe G., M. Á. (1995). Incidencia y severidad del marchitamiento *Fusarium oxysporum* (Sheld.). Sobre una población de coníferas en la sierra de los Lirios, Coahuila.

Vela M., R. (2002). sobrevivencia, crecimiento de progenie de pinus greggii Engelm, en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis profesional UAAAN, Saltillo, Coah, Mex.

Vidal J., José. (1959). Iniciación a la Ciencia Forestal 1º ed. SALVAT. Barcelona-Madrid.

APENDICE

Datos de campo de la plantación "A"

H 1	L1	L2
A1	0	0
A2	0	0
A3	0	1
A4	0	1
A5	0	1
A6	4	4
A7	0	2
A8	1	2
A9	0	0
A10	0	0
A11	0	1
A12	0	2
H 2	L1	L2
A1	0	2
A2	0	2
A3	0	3
A4	1	2
A5	0	1
A6	1	2
A7	1	1
A8	2	1
A9	3	3
A10	0	1
A11	1	2
A12	0	1
A13	1	1
H 3	L1	L2
A1	0	2
A2	1	2
A3	1	1
A4	1	2
A5	1	1
A6	0	1
A7	1	1
A8	0	0
A9	0	0
A10	0	1
A11	1	1
H 4	L1	L2
A1	0	1
A2	0	2
A3	0	4
A4	3	4
A5	3	3
A6	2	4
A7	0	2
A8	0	0

H 5	L 1	L2
A1	0	1
A2	1	4
A3	0	1
A4	2	2
A5	0	1
A6	4	4
A7	4	0
A8	4	4
A9	4	4
A10	0	0
A11	0	4
A12	1	4
A13	0	4
A14	1	4
A15	1	1
A16	1	1
A17	0	0
A18	4	4
A19	1	1
H 6	L1	L2
A1	4	4
A2	0	2
A3	0	1
A4	0	0
A5	0	0
A6	0	0
A7	4	4
A8	2	4
A9	0	1
A10	0	2
A11	4	4
H 7	L1	L2
A1	4	4
A2	1	4
A3	4	4
A4	3	4
A5	0	4
A6	0	4
A7	4	4
H12	L1	L2
A1	0	4
A2	0	1
A3	2	2
A4	0	4
A5	1	4
A6	2	4
A7	1	0
A8	4	4
A9	1	4
A10	0	4

H 8	L1	L2
A1	4	4
A2	1	4
A3	0	1
A4	2	4
A5	1	4
A6	1	4
A7	1	1
A8	3	4
A9	4	4
A10	3	4
A11	1	1
A12	4	4
A13	0	0
H 9	L1	L2
A1	0	4
A2	1	2
A3	1	4
A4	1	1
A5	2	4
A6	1	4
A7	2	4
H10	L1	L2
A1	4	4
A2	2	4
A3	0	1
A4	4	4
A5	4	4
A6	2	4
A7	4	4
A8	4	4
A9	4	4
A10	4	4
A11	4	4
A12	4	4
A13	0	1
H11	L1	L2
A1	0	4
A2	0	4
A3	1	4
A4	1	1
A5	0	0
A6	4	4
A7	4	4
A8	4	4
A9	4	4
A10	4	4
A11	4	4

H 13	L1	L2	H 16	L1	L2	H19	L1	L2
A1	1	4	A1	4	4	A1	4	4
A2	4	4	A2	1	4	A2	4	4
A3	2	2	A3	3	4	A3	4	4
A4	4	4	A4	4	4	A4	4	4
A5	2	4	A5	4	4	A5	4	4
A6	2	4	A6	1	4	A6	4	4
A7	2	4	A7	1	2	A7	1	4
A8	4	4	A8	4	4	A8	0	1
A9	1	1	A9	4	4	A9	4	4
A10	4	4	A10	4	4	A10	1	1
H 14	L 1	L 2	A11	4	4	H20	L1	L2
A1	4	4	A12	4	4	A1	4	4
A2	4	4	A13	4	4	A2	4	4
A3	2	2	A14	1	4	A3	4	4
A4	0	0	A15	4	4	A4	4	4
A5	4	4	A16	4	4	A5	0	0
A6	4	4	H17	L1	L2	A6	2	2
A7	4	4	A1	4	4	A7	2	4
A8	4	4	A2	3	4	A8	1	4
A9	4	4	A3	4	4	A9	0	4
A10	4	4	A4	3	4	4		
A11	4	4	A5	3	4	0		
A12	4	4	A6	4	4	A1	4	4
H 15	L1	L2	A7	4	4	A2	4	4
A1	4	4	A8	4	4	A3	4	4
A2	4	4	A9	4	4	A4	4	4
A3	4	4	A10	0	4	A5	0	0
A4	4	4	A11	0	4	A6	2	2
A5	4	4	A12	4	4	A7	2	4
A6	4	4	A13	3	3	A8	1	4
A7	4	4	A14	4	4	A9	0	4
A8	2	4				A10	1	4
A9	4	4				A11	0	0
A10	4	4	H 21	L1	L2	H18	L1	L2
A11	4	4	A1	4	4	A1	4	4
			A2	4	4	A2	4	4
			A3	4	1	A3	4	4
			A4	4	4	A4	4	4
			A5	0	4	A5	4	4
			A6	2	4	A6	4	4
			A7	2	4	A7	0	4
			A8	1	1	A8	0	4
			A9	0	4	A9	4	4
			A10	1	4	A10	4	4
			A11	0	0	A11	3	4
			A12	0	4	A12	1	4
			A13	1	4			

Datos de campo de la plantación "B"

H1	L1	L2
1	0	1
2	0	1
3	0	1
4	0	1
5	1	1
6	2	2
H2	L1	L2
1	1	1
2	0	0
3	0	0
4	3	1
5	4	4
6	0	0
7	1	1
H3	L1	L2
1	2	2
2	0	1
3	0	1
4	0	1
5	2	2
6	0	1
7	0	1
8	0	1
9	1	1
10	0	1
11	1	1
12	2	2
H4	L1	L2
1	3	3
2	3	3
3	0	1
4	3	3
5	3	4
6	1	1
7	1	1
8	0	0
H5	L1	L2
1	2	2
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	0	0
6	0	0
7	1	1
8	1	1
9	2	2
10	4	4
11	0	0
12	1	1
13	1	1
14	0	0
15	0	0
16	0	0

H6	L1	L2
1	0	0
2	1	1
3	0	1
4	2	2
5	1	1
6	0	1
7	0	1
8	1	1
9	0	0
10	0	1
11	1	1
H7	L1	L2
1	2	4
2	3	4
3	1	1
4	1	1
5	0	0
6	0	0
H8	L1	L2
1	1	1
2	0	1
3	2	2
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	4	4
10	1	1
11	4	4
12	1	1
13	1	1
14	0	0
15	2	4
H9	L1	L2
1	1	1
2	4	4
3	1	1
4	1	1
5	1	4
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0

H10	L1	L2
1	0	0
2	0	1
3	1	1
4	0	0
5	1	1
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	1	1
11	4	4
12	2	4
13	2	4
14	0	0
15	1	2
16	0	4
17	1	1
18	0	0
19	4	4
20	0	0
21	0	0
H11	L1	L2
1	1	1
2	4	4
3	1	1
4	1	4
5	4	4
6	1	4
7	0	0
8	1	1
9	4	4
10	0	0
11	4	4
12	1	4
13	0	0

H12	L1	L2
1	1	4
2	0	0
3	4	4
4	0	0
5	0	0
6	4	4
7	1	4
8	1	4
9	1	1
10	0	0
11	4	4
12	0	0
13	4	4
14	1	4
15	1	1
16	0	0
17	0	0
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	1	1
23	4	4
H13	L1	L2
1	0	0
2	1	4
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	3	4
7	1	1
8	0	0
9	0	0
10	1	1
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	1	4
15	0	1
16	1	1
17	0	0
18	1	4
19	0	0
20	0	0
21	4	4
22	4	4
23	4	4
24	0	0
25	0	0

H14	L1	L2
1	1	1
2	1	1
3	0	1
4	2	2
5	0	4
6	0	0
7	1	1
8	1	1
9	0	1
10	1	4
11	1	1
12	0	0
13	0	2
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	4	4
18	4	4
19	1	4
20	4	4
21	0	0
22	4	4
23	1	1
24	4	4
25	4	4
H15	L1	L2
1	0	0
2	1	1
3	1	1
4	0	0
5	4	4
6	0	0
7	1	4
8	4	4
9	0	0
10	4	4
11	0	4
12	0	0
13	0	0
14	2	4
15	2	2
16	1	1
17	3	4
18	4	4
19	4	4
20	4	4
21	4	4

H16	L1	L2
1	4	4
2	4	4
3	4	4
4	0	1
5	0	0
6	1	1
7	1	4
8	1	4
9	4	4
10	0	1
11	0	4
12	1	1
13	0	0
14	0	0
15	1	4
16	0	0
17	1	1
18	4	4
19	1	1
H17	L1	L2
1	0	0
2	0	0
3	1	4
4	0	0
5	4	4
6	0	2
7	1	2
8	4	4
9	0	0
10	0	0
11	4	4
12	1	3
13	0	1
14	0	1
15	1	1
16	0	0
17	4	4

H18	L1	L2
1	3	4
2	1	3
3	0	1
4	3	4
5	2	4
6	0	0
7	0	0
8	4	4
9	4	4
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	1	1
14	0	0
15	0	0
16	1	1
17	1	1
18	4	4

H21	L1	L2
1	4	4
2	1	1
3	4	4
4	4	4
5	0	0
6	4	4
7	0	3
8	3	4
9	4	4
10	0	0
11	0	0
12	0	0

H19	L1	L2
1	1	1
2	0	0
3	4	4
4	1	4
5	4	4
6	4	4
7	1	4
8	4	4
9	4	4
10	0	0
11	0	0
12	4	4
13	1	1
14	3	4
15	0	1
16	4	4
17	4	4
18	4	4
19	1	4
20	0	0

H20	L1	L2
1	0	2
2	0	1
3	0	2
4	0	2
5	0	3
6	0	3
7	4	4
8	4	4
9	4	4
10	0	0
11	4	4
12	0	0
13	0	0
14	4	4
15	1	4
16	1	4
17	1	4
18	3	4
19	2	4